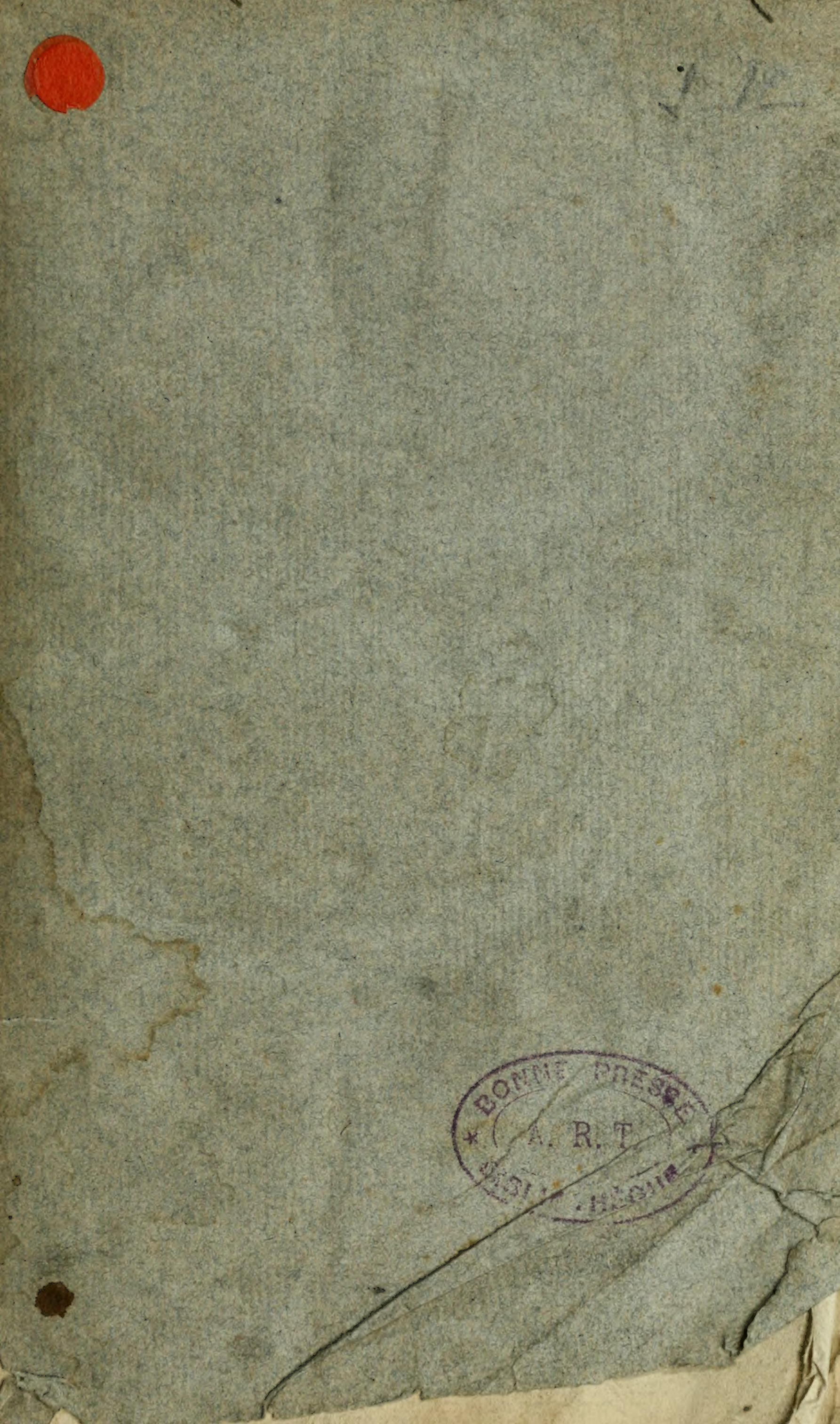

BONNE PRESSE
A. R. T

riences tentées par les physiologistes les plus habiles. Dire que Bichat fut un des premiers inscrits sur la liste de cette Société, c'est annoncer qu'elle savoit faire de bons choix ; mais il faut ajouter qu'elle eut peu de membres plus zélés, que c'est à lui en partie (13) qu'elle doit la rédaction de ses réglemens, et qu'il a beaucoup contribué à faire naître cette vive impulsion des esprits qui a produit de si heureux fruits, et à laquelle est due la publication de quatre volumes de mémoires intéressans sur les différentes branches de l'art de guérir (14).

La Société médicale d'émulation peut se féliciter d'avoir été la première dépositaire des travaux de Bichat, de ceux qui ont été le plus recherchés, à cause des développemens qu'il leur a donnés par la suite. On trouve en effet dans le second volume des actes de cette Société, les premières vues de Bichat sur les membranes, sur leurs rapports généraux d'organisation, sur la membrane synoviale des articulations ; un mémoire sur les organes à forme symétrique et sur ceux à forme irrégulière ; la description d'un nouveau trépan, dont les avantages sur l'ancien paroissent tenir à la facilité d'élever ou d'abaisser à volonté la couronne, au moyen d'une vis, etc. Deux autres mémoires, le 1.er sur la fracture de l'extré-

(13) Je dis en partie : car on sait que le C. Alibert est un des principaux fondateurs de cette Société, dont il a publié les quatre premiers volumes, étant alors secrétaire général.

(14) Un cinquième volume, qui est sous presse, va bientôt paroître.

INTRODUCTION

A LA

PHYSIQUE TERRESTRE.

INTRODUCTION
A LA
PHYSIQUE TERRESTRE
PAR LES
FLUIDES EXPANSIBLES;
PRÉCÉDÉE

De deux MÉMOIRES *sur la* NOUVELLE THÉORIE CHYMIQUE, *considérée sous différens points de vue.*

POUR SERVIR DE SUITE ET DE DÉVELOPPEMENT

AUX

RECHERCHES SUR LES MODIFICATIONS DE L'ATMOSPHÈRE.

PAR J.-A. DE LUC,

De la Société Royale de Londres, et de plusieurs autres Académies.

TOME SECOND.

A PARIS,

Chez la Ve. NYON, Libraire, rue du Jardinet, no. 2.

A MILAN,

Chez J. LUC NYON, Libraire français.

AN XI. — 1803.



TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE SUR LES FLUIDES EXPANSIBLES.

QUATRIÈME PARTIE.

De l'Hygrologie.

342. Nous savons déjà, par les expériences de M. de Saussure dont j'ai donné ci-dessus une courte analyse, ce premier fait hygrologique qu'on trouvera dans la suite, appuyé, et plus particulièrement déterminé par de nouvelles expériences, que la *vapeur aqueuse* est la cause de l'*humidité* que les corps contractent dans l'air, et qu'elle produit cet effet dans tous ses degrés de *densité*, même quand elle se détache de la *glace*. C'est cet effet de la *vapeur* qui sera maintenant notre objet, et je lui appliquerai les principes par lesquels j'ai terminé la partie précédente. C'est ici l'*hygrologie*, qui a diverses branches, en ce

qu'elle embrasse les effets produits sur différentes espèces de corps, par l'*eau* disséminée dans l'*air*. La théorie générale de cette science ne regarde que l'*humidité* elle-même, dans laquelle nous avons d'abord à considérer sa *cause*, et ensuite ses modifications, telles qu'elles peuvent être indiquées par quelque substance dans laquelle ses *degrés* soient observables par des effets bien déterminés.

343. Quoique ces deux objets de l'*hygrologie* soient distincts en eux-mêmes, ils se lient néanmoins essentiellement entre eux; car il ne s'agit pas ici de l'*humidité* que les corps contractent par d'autres corps *mouillés*, ou par toute *eau* concrète immédiatement appliquée; mais de celle qu'ils acquièrent dans un *milieu* transparent, soit l'*air*, soit le *vide* d'air. La *cause* de l'*humidité* dont il s'agit est donc aussi *invisible* que l'*eau* qui la produit dans les corps; mais elle se découvre par deux sortes d'effets, le *poids* qu'elle ajoute à tous les corps *hygroscopiques*, et l'*expansion* de quelques-uns.

344. La seule *eau* qui puisse affecter les *hygroscopes* dans l'air serein, est celle de la *vapeur aqueuse*, excepté par certain degré de la *rosée*, où la *vapeur* n'éprouve qu'un dépassement lent et peu considérable de son

maximum; car si elle vient à le dépasser rapidement, il se forme une *brume*. Mais quand la *vapeur* dépasse son *maximum* de l'une ou l'autre manière, elle ne produit plus d'augmentation d'*humidité* dans les corps qui étoient dans l'espace; car ils étoient déjà parvenus à l'*humidité extrême;* elle les *mouille* alors, c'est-à-dire, que l'*eau* devient *visible* à leur surface; au lieu que celle qui, jusqu'à cette époque, les avoit pénétrés, étoit *invisible*. C'est la *vapeur*, existante comme telle, qui fournit aux corps hygroscopiques cette *eau latente;* elle leur en fournit plus ou moins, suivant certaines circonstances; et ce sont ces circonstances qu'il s'agit de déterminer, en cherchant, d'après les principes posés ci-dessus, la manière dont la *vapeur* agit sur les *hygroscopes*, sans les considérer encore comme *hygromètres*, excepté quant aux limites de l'*humidité*.

345. Lorsque je commençai de m'occuper d'*hygrométrie*, je considérai d'abord lequel des deux changemens produits par l'*humidité* dans les corps, celui du *volume* ou du *poids*, seroit le plus convenable à cette mesure, et je ne fus pas longs-temps en suspens. Pour avoir un changement prompt dans le *poids*, on ne peut employer que de bien petites

masses, qui exigent par conséquent des balances très-délicates, et l'on ne sauroit employer de telles balances en plein air. Je conclus donc qu'il falloit s'arrêter aux substances qui indiquent l'*humidité* par des changemens de *volume*. Cependant les changemens de *poids* sont essentiels à considérer dans ces substances mêmes, parce qu'ils servent, comme on le verra, à fixer quelques points importans.

346. Puisque la *vapeur aqueuse* est la source de l'*humidité* que les corps contractent dans l'air, l'*humidité* y seroit nulle, s'il étoit entièrement privé de cette *vapeur*, ce seroit la *sécheresse absolue* : car dans un tel air, la substance de l'hygromètre, dont la masse est toujours considérée comme nulle quant à ce qu'elle peut produire elle-même de *vapeur* dans l'air, perdroit alors, par l'*évaporation*, toute l'eau *évaporable* qu'elle contenoit, sans pouvoir en recouvrer; et elle seroit ainsi réduite à son plus petit volume. Si au contraire la *vapeur* contenue dans un espace, y est arrivée à son *maximum* sans l'avoir encore dépassé, tous les corps hygroscopiques qui ont séjourné assez long-temps dans cet espace, et en particulier le petit corps de l'*hygromètre*, doit être aussi au

maximum d'*humidité ;* car dès que la *vapeur* viendroit à dépasser le *maximum*, et qu'il s'en décomposeroit ainsi une partie, son *eau* deviendroit visible à la surface des corps, comme excédente. Ainsi, d'après la nature même de la *vapeur* et celle de l'*humidité*, celle-ci doit avoir deux points *extrêmes*, formant les deux limites opposées de l'échelle *hygroscopique*. Telle est la théorie, mais il m'en a coûté plusieurs années et bien du travail, avant que d'arriver à un véritable *hygromètre ;* car d'abord, pour pouvoir parvenir à une théorie certaine de l'*hygrométrie*, il falloit que l'*hygrologie* eût des principes fixes, et ceci déjà m'a occasionné beaucoup de travail.

547. Le premier objet dont je m'occupai, fut celui de l'*humidité extrême ;* parce que mon premier motif dans la recherche d'un *hygromètre*, fut, comme je l'ai déjà dit, la grande *sécheresse* que j'avois observée dans les couches supérieures de l'atmosphère, quoiqu'il y eût actuellement des *nuages* dans ces couches ; tandis que certainement le *maximum* de la *vapeur* doit précéder cette première *précipitation* d'eau, dans le lieu où elle se fait. Mais la *sécheresse* que j'observois

dans les intervalles des *nuages*, ce phénomène qui m'avoit frappé, n'étoit qu'un symptôme vague, qu'il falloit tâcher de rendre plus intelligible par quelque détermination de la distance de ce point à l'*humidité extrême*.

348. Je cherchai long-temps dans l'air lui-même, ce premier *point fixe* dont j'avois besoin; parce que devant représenter un certain état de l'air *transparent* et ne *mouillant* point encore, je voulois le chercher dans cet air lui-même. Il sembloit qu'on auroit dû le trouver dans quelque prélude de la *rosée*, mais je savois déjà, par des expériences sur ce météore, que lorsqu'il se forme, les corps ne sont pas tous *mouillés* en même temps, que quelques corps le sont beaucoup avant d'autres, et qu'ainsi il étoit plutôt besoin d'un *hygromètre* déjà déterminé, pour parvenir à l'intelligence de ce phénomène, qu'il ne pouvoit servir lui-même à fournir un *point fixe* à cet instrument. Je pensai à l'air des *caves;* mais dans une cave dont les murs, le sol et tous les corps contigus étoient *mouillés*, un *hygroscope* très-sensible varia avec la *température*. C'est là une modification particulière de la *vapeur* dont j'ai déjà parlé au

§. 261, et que je montrerai dans la suite par l'expérience. Cependant je ne savois quel lieu choisir, dont l'air pût produire plus sûrement l'*humidité extrême*, qu'une telle cave.

349. Enfin il me vint à l'esprit, que l'*eau* elle-même pouvoit me fournir sur l'*hygroscope* le point que je cherchois. L'*humidité* étant l'*eau* logée *invisiblement* dans les corps, et qui, en pénétrant plusieurs corps des règnes animal et végétal, les *dilate* sensiblement, je pensai que si quelqu'un de ces corps, étant plongé dans l'*eau*, y demeuroit *dilaté* à un degré fixe quelque temps qu'il y séjournât, et qu'après s'être de nouveau contracté hors de l'*eau*, il revînt au même point dans de nouvelles immersions, ce point correspondroit certainement à l'*humidité extrême*, et que la substance devroit y arriver dans l'air, lorsque la *vapeur* seroit arrivée à son *maximum*, sans l'avoir encore dépassé. Aussi longtemps donc qu'un pareil corps, exposé à l'air, n'y seroit pas arrivé à cet extrême d'expansion, on pourroit être sûr que la *vapeur* n'y auroit pas atteint son *maximum*; et les distances à ce point, mesurées de quelque manière comparable, seroient certains *degrés* de *sécheresse*. C'étoit-là une conséquence si immédiate de la nature de l'*humidité*, que

dès qu'elle me fut venue à l'esprit, je la considérai comme certaine, et elle s'est soutenue dans tout le cours de mes expériences. Il ne s'agissoit donc que de trouver quelque corps qui eût cette propriété; ma première idée fut d'essayer l'*ivoire*, qui répondit à mes vues, de sorte que j'en fis mon premier *hygromètre;* mais j'ai trouvé dès-lors diverses substances qui ont la même propriété, et c'est à la *baleine* que j'ai donné la préférence.

350. L'autre *point fixe* de l'*humidité*, savoir sa *cessation totale* par l'absence de toute *vapeur* dans l'air, soit la *sécheresse extrême*, étoit d'abord plus intelligible, mais son application à l'*hygromètre* se trouva bien plus difficile; car comment pouvoit-on, en cherchant à enlever toute la *vapeur* contenue dans une certaine masse d'*air*, connoître qu'il n'en restoit plus ? Je n'en voyois aucun moyen que par l'*hygromètre* lui-même, si l'on pouvoit le priver de toute *humidité*, et y fixer ainsi le point d'*extrême contraction*, comme j'y avois fixé celui d'*extrême dilatation*. Mais je ne concevois d'autre moyen direct de priver la substance de l'*hygromètre* de toute eau *évaporable*, qu'une grande *chaleur*, qu'elle ne pouvoit soutenir. D'ailleurs, la *chaleur* elle-même auroit dû être à son *maximum*,

pour produire celui de l'*évaporation ;* or quel étoit-il ? Ces difficultés m'arrêtèrent d'abord dans la recherche de ce second *point fixe*, parce que je ne voulois pas retarder la construction d'un instrument propre à l'observation *météorologique* que j'avois alors fortement à cœur. Je cherchai donc un moyen de rendre *comparable* la mesure des *contractions* de l'*ivoire*, à partir de sa plus grande *expansion* hygroscopique, et je fis ainsi mon *hygromètre* à tube d'*ivoire*, décrit dans mon Mémoire de 1773.

351. Cependant je ne perdois pas de vue le point de la *sécheresse extrême ;* et je fus même obligé de m'en occuper, trouvant très-difficile, sans ce point, de produire la *comparabilité* des *hygromètres ;* car de nombre de corps que j'essayai, je n'en trouvai aucun dont les individus eussent tous un même degré d'*expansion* par les mêmes quantités de *vapeur* dans l'air ; ce qui empêchoit de produire la *comparabilité* par des mesures mécaniques, à partir du point de la plus grande *expansion*. Mais je voyois toujours une grande difficulté à déterminer la *sécheresse extrême*, quoique j'eusse pensé à un moyen de surmonter le premier obstacle qui m'avoit arrêté, celui de ne pouvoir faire subir à la substance

de l'*hygromètre* un assez haut degré de *chaleur;* obstacle que je levai, en pensant à appliquer cette chaleur à quelque corps hygroscopique qui, privé d'*humidité*, et employé en masse suffisante, *dessécheroit* l'air dans lequel se trouveroit l'*hygromètre;* mais j'étois toujours arrêté, ne voyant point encore de *limite* à l'augmentation de la *chaleur*.

352. J'en étois à ce point, lorsque j'eus l'avantage, étant à Paris, d'y faire connoissance personnelle avec M. VOLTA, et de recevoir de ce célèbre physicien les premières idées intelligibles qui eussent été conçues sur les *influences électriques*. C'étoit pour n'avoir rien compris à ce phénomène, ni rien entendu qui me conduisît à le comprendre, que j'avois cessé depuis long-temps de m'occuper d'expériences électriques. Mais l'intérêt que j'y avois pris autrefois se renouvella alors, et de retour en Angleterre je repris ces expériences, dans lesquelles, par des analogies avec les phénomènes de la *vapeur aqueuse*, je découvris dans le *fluide électrique* le caractère d'une *vapeur*, qui se décomposoit par trop de *densité*, et qui manifestoit alors ses ingrédiens les plus immédiats, la *lumière*, le *feu*, et une *substance* ayant l'odeur phosphorique.

353. Ce premier pas ramena aussi mon

attention sur le *feu*, qui, lorsqu'il est très-*dense*, laisse échapper de la *lumière*, ce qui me frappa alors comme une *décomposition*. Je me rappelai à ce sujet le phénomène que j'avois vu produire par un cloutier, qui, prenant une petite baguette de fer déjà assez chaude, mais non *rouge*, et la forgeant rapidement comme pour former un clou, l'amenoit à l'*incandescence*; ce qui se présenta d'abord à mon esprit comme analogue à l'effet de la *compression* de la *vapeur aqueuse* au-delà de son *maximum*, d'où résulte une libération de *feu*; j'en conclus donc, que le *feu* étoit de la classe des *vapeurs*, et que c'étoit lorsqu'il devenoit trop *dense*, qu'il laissoit échapper la *lumière*, qui étoit un de ses ingrédiens. J'ai appuyé par bien d'autres faits, dans mes *Idées sur la météorologie* et dans le *Journal de physique* de Paris, cette idée de *composition* du *feu* par la *lumière* et une autre substance; ainsi je passerai d'abord à la conséquence que j'en tirai pour parvenir à la *sécheresse extrême*.

554. Ayant ainsi l'idée d'un *maximum* de *densité* du *feu*, passé lequel il commençoit à se décomposer, et son plus haut degré étant l'*incandescence à blanc*, nommée ainsi, parce qu'alors toutes les particules de *lumière* sont

libérées, je vis que je pourrois priver de toute eau *évaporable*, quelque corps hygroscopique capable de supporter ce degré de *chaleur* sans perdre sa propriété; et que l'enfermant ensuite en quantité suffisante dans un vase qui contiendroit un *hygromètre*, il en enlèveroit toute la *vapeur*, jusqu'à celle qui se formeroit par l'évaporatiou de l'*eau* renfermée dans la substance hygroscopique de l'instrument, sans acquérir lui-même un degré sensible d'*humidité*.

355. Avant d'aller plus loin, je dois prévenir une objection qui me fut faite à *Birmingham*, peu après la publication de mes *Idées sur la météorologie*. Je revenois alors d'*Etruria*, où j'avois été voir M. WEDGEWOOD, et il s'agissoit de son *pyroscope*, dont les phénomènes paroissoient contraires à l'idée d'un *maximum* du *feu*. C'est ici une discussion importante, sur laquelle la *vapeur aqueuse* seule pouvoit répandre du jour : M. WATT, à qui ce dernier fluide est si bien connu, étoit présent, et convint entièrement des analogies que je vais établir

356. L'objection, dis-je, étoit tirée du *pyroscope* de M. WEDGEWOOD : on sait que cet instrument détermine les dégrès de la *chaleur*, par ceux du volume de petits cubes d'une

certaine argille dont les *contractions* sont mesurées par le point où s'arrêtent ces cubes entre deux petites tringles convergentes fixées sur un plan. Je nomme cet instrument *pyroscope* et non *pyromètre ;* car quoique d'après des expériences comparatives faites avec le *thermomètre* à mercure, dans les plus hauts degrès de *chaleur* que celui-ci peut soutenir, on ait prolongé l'échelle du premier, en *degrés* supposés égaux à ceux de *Fahrenheit*, cette prolongation est très-arbitraire, et j'ai lieu de croire que les *contractions* des petits cubes s'accélèrent beaucoup dans ces hauts degrés, comparativement aux augmentations réelles de la *chaleur*, dont ainsi elles ne sont pas une *mesure*. Je ferai seulement remarquer à ce sujet, que ce phénomène n'a aucun rapport avec l'action *mécanique* du *feu* qui produit la *chaleur*, soit l'*expansion* des corps ; puisqu'il lui est opposé, et qu'il subsiste dès qu'il a été produit ; ce qui annonce une modification de toute autre nature et qu'on ne connoît pas encore.

357. Ce n'est-là cependant qu'une remarque particulière, qui ne fait rien à l'objection dont il s'agit : il n'en est pas moins certain, que cet instrument est très-utile pour indiquer

divers points fixes de *chaleur* dans les fourneaux au-delà de celui de la première *incandescence à blanc*, aussi long-temps du moins qu'on peut être sûr d'avoir la même *argille*. On m'objectoit donc, que l'*incandescence à blanc* ne pouvoit indiquer un *maximum* du *feu*, puisque sa quantité s'accroissoit beaucoup au-delà du point qui produisoit ce phénomène. C'est cette objection que je vais lever, par un phénomène de la *vapeur* de l'*eau bouillante* qui servira en même temps à déterminer toujours mieux la nature de ce dernier fluide.

358. On a vu ci-devant (§. 307) que lorsque la *vapeur* est à son *maximum*, si l'on emploie quelque moyen de la forcer à occuper un moindre *espace*, la *décomposition* de la partie excédente dans le nouvel espace, emploie un certain *temps*. Supposons qu'on ait un *manomètre* dans cet *espace*, il *montera* pendant ce temps-là au-dessus du point où le tenoit le *maximum* simple de la *vapeur*. Si donc de nouvelles quantités de *vapeur* arrivent rapidement dans un même espace; le *manomètre* continuera de monter, tant que l'accès de la nouvelle *vapeur* sera plus rapide que la *décomposition* de son excèdent, et

il s'établira un certain point fixe plus élevé, lorsque la *décomposition*, accélérée aussi par la plus grande *densité*, compensera le continuel accès de *vapeur* au-dessus de la quantité qui feroit le *maximum* simple : je vais donner l'exemple d'une marche analogue. Supposons un réservoir plein d'eau, au niveau de laquelle soient deux ouvertures d'égal diamètre, par l'une desquelles puisse venir de l'eau, et par l'autre puisse sortir l'excèdent. Ce premier niveau représentera le *maximum* de densité, tant de la *vapeur* que du *feu*, avant aucun excès qui occasionne quelque *décomposition*. Faisons d'abord arriver de nouvelle eau par un tuyau presque horizontal, de la grandeur d'une des ouvertures ; l'eau s'élevera dans le réservoir, jusqu'à ce que sa *sortie* par l'autre ouverture puisse compenser son *entrée*. Si l'on fait descendre l'eau de plus haut dans l'ouverture d'*entrée*, afin qu'elle y passe plus rapidement, elle s'élèvera dans le réservoir, jusqu'à ce que sa pression produise à la *sortie* une rapidité égale à celle de l'*entrée ;* et l'on pourra accroître considérablement l'*élévation* du *niveau* dans le réservoir, par tout moyen qui augmentera son accès dans les mêmes temps, parce qu'il faudra que le niveau s'*élève*

de plus en plus, pour accélérer proportionnellement la *sortie ;* et toujours, quand celle-ci sera devenue égale à l'*entrée*, le *niveau* sera permanent, quoique beaucoup au-dessus de son premier point, qui, comme je l'ai dit, représente le *maximum* simple de la *vapeur* et du *feu.*

359. Tel est donc en particulier l'état du *feu* dans les fourneaux. Quand, avec une disposition convenable des combustibles, avec l'accès le plus favorable de l'air, sans que son courant puisse entraîner une trop grande quantité du *feu* qui se dégage, et avec les précautions nécessaires pour qu'il s'en dissipe aussi peu qu'il est possible au travers des parois de l'espace, on le force à se porter en grande abondance dans quelqu'une de ses parties, il s'accumule alors, dans l'espace et dans les corps qui s'y trouvent placés, beaucoup au-delà du *maximum* auquel commence sa *décomposition.* Au reste, ce n'est pas dans l'*espace* libre, qu'il arrive à l'*incandescence ;* car dans l'*air* (très-raréfié par lui) malgré sa grande accumulation, il n'est pas assez *dense* pour se *décomposer ;* puisque suivant ce que j'ai démontré au §. 332, s'il y avoit dans cet espace des corps de même *capacité* que l'*eau*, le *feu* y seroit 45 fois aussi *dense* que dans l'*air.*

l'*air*. Ici se rapporte une expérience que je n'ai fait qu'indiquer au §. 333, tirée d'un Mémoire de M. WEDGEWOOD le fils, dans les *Trans. phil.* où se trouvent nombre de faits très-intéressans sur l'émission de la *lumière* par certain corps, à des degrés de *chaleur* au-dessous de celui où le *fer* arrive à l'*incandescence*. Ce physicien fit passer au travers d'un tube, dans une partie visible duquel il avoit placé une lame d'argent, l'air très-chaud d'un fourneau dont la lumière étoit interceptée : la lame devint *incandescente* dans l'air *obscur*. Enfin, nous avons un signe de la *décomposition* très-abondante du *feu* dans les corps exposés à ces hauts degrés de *chaleur* des fourneaux ; c'est qu'ils répandent une si grande abondance de *lumière*, que les yeux peuvent à peine la supporter un instant quand ils n'y sont pas accoutumés.

360. Ceci conduit à plusieurs considérations, qui peuvent devenir utiles. Ce n'est que depuis bien peu de temps que la *pyrotechnie* peut commencer à s'aider de la *pyrologie*, et il reste ainsi bien des pas à faire au-delà des procédés empyriques, qui sans doute sont l'objet essentiel dans les arts, mais qui ne peuvent conduire aux *causes*, à moins qu'ils ne soient attentivement analysés. Il

nous manque en particulier des connoissances sur les effets chimiques de la *matière du feu*, quand elle entre dans d'autres combinaisons qu'avec la *lumière;* et en particulier lorsque, par une forte *incandescence*, il s'en dégage beaucoup dans les corps. C'est là une substance dont l'existence ne nous est encore connue que par la nécessité de l'admettre pour expliquer les phénomènes du *feu;* mais les *rayons solaires* la trouvent dans tous les corps et dans l'*air*, puisqu'ils n'y produisent la *chaleur* qu'en y formant du *feu*. Or il n'est pas probable qu'elle ne serve à aucun autre usage dans les corps terrestres; et il y a tant de vides encore dans les analyses et synthèses chimiques de ces corps, quand on n'y considère que les substances connues, qu'il est bien essentiel de travailler à augmenter le catalogue de celles qui, imperceptibles par elles-mêmes, se rendent néanmoins perceptibles à l'entendement par leurs effets.

361. Ce que je viens d'exposer prouvera, j'espère, que, quoiqu'il y ait des moyens d'élever la *densité* du *feu* dans les corps au-dessus du *maximum* auquel il commence à se *décomposer*, la première *incandescence à blanc* n'est pas moins son *maximum* naturel. Ainsi, revenant maintenant à l'objet pour

lequel je suis entré dans ces discussions, on peut conclure, comme je le fis d'abord; qu'un corps hygroscopique capable de supporter ce degré de *chaleur* sans changer de nature, doit être privé alors de toute *eau évaporable*: et que s'il est placé en masse suffisante dans un espace clos renfermant un *hygromètre*, il y absorbera toute la *vapeur*, tant celle qui s'y trouvoit d'abord, que celle qui se formera par l'*évaporation* de l'*eau* contenue dans la substance *hygroscopique*. Cette dernière se trouvera donc privée de toute son eau *évaporable*, ce qui produira son *maximum* de *contraction hygroscopique*, soit la *sécheresse absolue*. Or en prouvant que c'est ce qui arrive, j'établirai en même temps, et la théorie de la *sécheresse absolue*, et celle du *maximum* du *feu*.

362. Le corps *hygroscopique* susceptible d'*incandescence* que j'employai d'abord il y a environ vingt ans, et auquel je suis demeuré, est la *chaux*. Je pris alors de la *chaux* déjà préparée, mais encore en morceaux, que j'amenai à l'*incandescence à blanc*, dans une grille de cheminée de cuisine où l'on emploie la houille : quand elle fut assez réfroidie pour ne pas mettre en danger un vase de verre que j'avois préalablement échauffé par degrés, je l'en remplis, à l'exception d'un espace

réservé par un treillis de fil d'archal, pour y placer un *hygroscope* de *baleine*, et un *thermomètre;* je fermai le vase jusqu'à ce que la *chaux* fût réfroidie, après quoi j'y plaçai les instrumens, et je le scellai avec du ciment de vitrier. La *chaux* a une propriété très-convenable à ces opérations; c'est que malgré sa grande *capacité* hygroscopique, quand elle a été privée de toute humidité, elle ne la reprend que très-lentement dans l'air. Il en résulte, il est vrai, de la lenteur dans le desséchement qu'elle produit; mais on a d'abord l'avantage de pouvoir la laisser réfroidir assez pour qu'elle n'endommage pas les vases, sans qu'elle change sensiblement d'état ; et elle permet, par cette lenteur même, d'observer les effets que produisent sur l'*hygromètre* les variations de la *chaleur* à divers degrés de desséchement, ce qui est essentiel pour la fixation de la théorie *hygroscopique*.

363. Cette dernière circonstance permet de faire naître par degrés un signe certain que la substance ne contient plus d'eau *évaporable;* c'est lorsque les variations de la *chaleur* n'y produisent plus d'effets *hygroscopiques*. M. de Saussure a indiqué le premier ce critère, que je remarquai aussi dès la première expérience dont je parle ; et j'ajouterai que le

même symptôme appartient aussi à l'*humidité extrême*, c'est-à-dire, que, dans l'un et l'autre cas, la substance n'est plus susceptible que d'effets *thermoscopiques ;* mais avec cette différence, qu'à ce dernier point, les petits effets des augmentations de la *chaleur*, sont dans le sens des augmentations de l'*humidité;* au lieu qu'à la *sécheresse absolue*, les effets de la *chaleur* demeurant les mêmes, c'est-à-dire, étant des *alongemens* de la substance, ils se trouvent en sens contraire de ceux d'une diminution de l'*humidité*. Dans mon expérience, tant qu'il resta de la *vapeur* non absorbée, l'augmentation de la *chaleur* faisoit aller l'*hygromètre* vers la *sécheresse*, c'est-à-dire, que la substance *hygroscopique* se raccourcissoit, puis elle s'alongeoit, mais moins qu'elle ne s'étoit accourcie, quand la *température* rebaissoit. Ces effets allèrent en diminuant, à mesure que la *vapeur* diminua dans l'espace, et ensuite ils cessèrent entièrement, et se changèrent en de petits effets opposés; preuve qu'il ne restoit plus d'eau *évaporable* dans la substance.

364. M. DE SAUSSURE produisit cet effet avec du *sel-de-tartre* sortant de l'*incandescence;* et voilà la *chaux*, substance déjà assez différente, qui produit le même effet :

cependant, comme il y avoit encore trop d'analogie entre ces deux-là, pour pouvoir décider incontestablement que l'effet ne procédoit que de l'*incandescence* préalable, je choisis, pour répéter l'expérience, un corps *hygroscopique* bien différent : ce fut une *pierre sableuse* très-compacte, sur laquelle l'acide nitreux ne produisoit aucun effet, qui n'éprouvoit aucun changement par l'*incandescence*, que celui de passer du gris au roussâtre, et qui, après comme avant, faisoit feu avec l'acier. Cette *pierre* encore n'avoit qu'une bien petite *capacité* hygroscopique que je déterminai d'abord comparativement à celle de la *chaux*. Pour cet effet, j'en amenai à l'*incandescence* deux morceaux à-peu-près égaux, que je pesai dans cet état, puis je les suspendis dans de petites coupes sous une cloche, renversée dans un bassin où il y avoit de l'eau, et je déterminai leur poids, lorsque je vis qu'ils n'en acquéroient plus. Alors, divisant en 256 parties le poids primitif des deux substances, la *pierre sableuse* en avoit acquis 1, et la *chaux* 110. Voilà donc, je crois, le corps *hygroscopique* le plus différent qu'il se puisse des deux autres.

365. Cette *pierre* ayant si peu de *capacité* hygroscopique, j'employai pour l'expérience

un grand vase de fer blanc, dont je pouvois fermer l'entrée avec une petite cloche de verre. Je fixai au centre du vase une cage de fil d'archal, pour réserver la place de l'*hygromètre*, dont le cadran s'élevoit dans la cloche. Je remplis tout l'espace libre de morceaux de cette *pierre* sortant de l'*incandescence à blanc*, et je fermai l'entrée du vase pendant que la pierre se réfroidissoit; puis j'y plaçai l'*hygromètre*, et je cimentai la cloche de verre. L'*hygromètre* tarda moins à se fixer que dans la *chaux*, et ce fut au même point.

566. Ainsi l'*incandescence à blanc*, produite à *feu ouvert* dans un corps *hygroscopique* capable de la soutenir sans changer de nature, est la seule condition nécessaire pour lui enlever toute son eau *évaporable*. C'est donc là le *maximum* simple du *feu*, déjà dépassé à ce degré, il s'en *décompose* alors une partie, comme il arrive dans le même cas à la *vapeur aqueuse* et au *fluide électrique*. Quand un tel corps est arrivé à cet état, et qu'il est employé en masse suffisante, il absorbe sensiblement toute la *vapeur* contenue dans l'espace où il est renfermé. Alors aussi toute l'eau *évaporable* quitte l'*hygromètre*, dont le degré de *contraction* en cet état, y fixe le point de la *sécheresse*

absolue. Voilà donc qui devient fondamental dans l'*hygrologie*, qui est ici notre objet; c'est pourquoi je renvoie les détails pratiques de la fixation sur les instrumens, à la partie de l'*hygrométrie*.

367. Nous avons vu les *hygroscopes* arriver à la *sécheresse absolue* par l'absorption de toute la *vapeur*, dans un espace où ils étoient d'abord partis de certains *points;* mais nous n'avons rien encore qui nous conduise à juger, si les mêmes *points* de ces instrumens, qui correspondent à certains degrés fixes d'*humidité*, indiquent toujours une même *densité* de la *vapeur*, quelle que soit la *température*. Ce fut pour déterminer directement cet objet, très-essentiel dans l'*hygrologie* et l'*hygrométrie*, que j'entrepris les expériences suivantes, dans lesquelles les variations de *poids* se joignant à celles des *expansions* pour les mêmes substances, mettront entièrement à découvert les rapports de l'*humidité* avec les divers états de la *vapeur*.

368. Je fis faire pour ces expériences, deux vases de fer-blanc, chacun d'environ 18 pouces de hauteur, 20 de largeur, et 6 de profondeur; l'un desquels avoit un de ses grands côtés garni d'une glace, et le côté opposé fermé par une coulisse, qui s'ôtoit dans une

partie des expériences : il étoit aussi ouvert au-dessus, pour pouvoir agir sur les instrumens qui devoient y être placés, mais il se fermoit ensuite avec un couvercle. L'autre vase avoit un de ses grands côtés fermés par un treillis de fil d'archal, qui s'ouvroit par le haut, pour remplir le vase de morceaux de *chaux* sortans de l'*incandescence*. Quand ce vase n'étoit pas en action, je le tenois dans un autre vase de fer-blanc qu'il remplissoit, et celui-ci, soit qu'il contînt l'autre, soit que je l'en eusse tiré, étoit toujours fermé par un couvercle cimenté; de sorte que la même *chaux* put me servir à toutes les expériences que je décrirai ici et ailleurs.

369. Ces deux vases pouvoient être solidement appliqués l'un à l'autre par leurs grandes faces, dont l'une, comme je l'ai dit, étoit garnie d'un treillis pour soutenir la *chaux*, et l'autre étoit entièrement ouverte quand sa coulisse étoit enlevée; de sorte qu'il en résultoit comme un seul vase, divisé par le treillis. Le vase *vitré* contenoit les instrumens qui y étoient arrangés et fixés avant de lui appliquer le vase à *chaux;* et dès qu'il l'étoit, je scellois tous les joints avec du ciment de vitrier. Quand la *sécheresse absolue* étoit produite, j'enlevois une pièce qui fermoit la fente

pour la coulisse, je mettois celle-ci en place, j'enlevois le vase à *chaux*, et je scellois les joints de la coulisse : après quoi commençoient les procédés d'*humectation*. Pour ceux-ci, j'avois une ouverture latérale au bas d'un des côtés du vase *vitré*, par laquelle j'introduisois un *tiroir* de fer-blanc, où je plaçois un linge *mouillé* amoncelé en plis. Pour des expériences dont il ne s'agit pas encore, je faisois croître l'*humidité* par degrés, ôtant à chaque fois le tiroir et fermant l'ouverture ; mais ici je ne parlerai que des *maxima*.

370. J'ai dit que dans ces expériences, l'observation des acquisitions de *poids*, marchoit de concert avec celle des *expansions* des mêmes substances. Pour déterminer les *poids*, j'avois deux *fléaux* très-sensibles, occupant entre eux toute la largeur du vase, sur le devant ; les hygroscopes à *expansion* étant placés derrière ceux-ci. Le centre de mouvement de ces *fléaux* les divisoit en deux parties inégales, à la plus courte desquelles étoient suspendues les substances à peser ; et sur l'autre étoit un *curseur*, servant à produire un premier équilibre : le *poids* originel des substances étoit de 12 à 20 grains, suivant leur espèce. Un *index* étoit fixé sous le *fléau*, au-dessous du centre de mouvement, à angles

droits avec le *fléau :* c'étoit un fil d'acier bien droit, d'environ 9 pouces de long, cylindrique dans toute sa longueur, excepté à son extrémité où il se terminoit en pointe ; là il correspondoit à une échelle en portion de cercle, divisée en 100 parties. Quand le *fléau,* portant quelque substance, avoit été mis en équilibre, l'*index* étoit vertical, et ses mouvemens angulaires, composoient les diminutions ou acquisitions de *poids* que faisoit la substance, qu'il indiquoit ainsi sur l'échelle. Comme les substances que j'éprouvois avoient diverses *capacités,* il falloit y proportionner la résistance de l'*index;* ce qui se faisoit par un petit *curseur* à ressort, que je pouvois mouvoir le long du fil. Pour déterminer ce premier point, je faisois une expérience préliminaire dans le vase, pour comparer les mouvemens de l'*index* avec ceux d'un *hygroscope* à *expansion,* dont la marche m'étoit connue ; et quand j'avois ainsi déterminé le degré de résistance que devoit avoir l'*index,* pour qu'il ne sortît pas de l'échelle, mais qu'il la parcourût presque en entier durant l'expérience, je produisois ce degré par le *curseur.* Quand j'avois ainsi déterminé cette partie de l'ajustement, je substituois à la substance pendue au *fléau,* un petite coupe rendue de même poids; et

amenant l'*index* au *zéro* de l'échelle par le *curseur* du fléau, je mettois sur la coupe, des poids successifs de $\frac{1}{2}$ grain, observant les espaces qu'ils faisoient parcourir à l'*index;* ce qui me donnoit en bien petites fractions de *grain,* la valeur des *degrés* dans certaines portions successives de l'échelle; si la substance avoit peu de *capacité,* en en prenant 20 grains, je pouvois faire parcourir l'échelle entière à l'*index* par l'addition d'un grain. Ces fléaux m'ont servi à une expérience plus délicate encore, que je rapporterai.

371. Je réduisois en *houpes* les substances que je voulois essayer, afin qu'elles éprouvassent plutôt les changemens de l'*humidité* dans le vase. Ces *houpes* se faisoient aisément quand il s'agissoit de *cheveux*, et de brins de *chanvre* ou de *pitte;* et quant aux corps, tels que la *baleine*, la *plume*, l'*ivoire*, la *corne* et différens *bois*, je les réduisois en fils ou rubans très-minces, dont je faisois aussi des *houpes* ou de petites *claies*. Ayant deux *fléaux* dans l'appareil, je pouvois faire l'expérience sur deux substances à la fois, et toujours j'y joignois des *hygroscopes* à *expansion* faits des mêmes substances, avec un autre dont je vais parler, et un *thermomètre*. Les bases des *fléaux* étoient solidement fixées sur le fond

du vase, laissant un passage pour le *tiroir* de l'*humectation :* mais les *fléaux* eux-mêmes pouvoient être enlevés par le haut pour les *ajustemens,* dont le dernier étoit d'amener l'*index* au point de l'échelle que j'avois jugé correspondre à l'*humidité* actuelle dans le vase; ce que m'indiquoit un *hygromètre* de *baleine* coupée *en travers,* sédentaire dans l'appareil, et qui y servoit de point de comparaison pour les autres instrumens. Tout étant ainsi préparé, j'appliquois le vase à *chaux,* et je scellois tous les joints avec du ciment de vitrier.

372. Je fis ces expériences en hiver, dans une chambre élevée de ma maison de *Windsor,* que je pouvois chauffer par un poële; de sorte que j'avois ainsi le moyen de faire changer très-promptement la *température* de l'appareil; et l'opération de la *chaux* étant lente, je pouvois faire augmenter et diminuer la *chaleur* à diverses fois dans son cours. Au commencement, quand la *chaleur* augmentoit dans l'appareil, les substances aux *fléaux* perdoient rapidement du *poids,* et leurs semblables en *hygroscopes* ordinaires se *contractoient;* mais si je *réfroidissois* bientôt l'appareil, malgré l'action de la *chaux* qui continuoit d'enlever la *vapeur,* les substances aux

fléaux regagnoient quelque *poids*, et les autres de l'*expansion*. A mesure que la *vapeur* diminuoit dans le vase, ces changemens opposés, tant de *poids* que d'*expansion*, par les variations de la *chaleur*, devenoient moindres; il n'y en avoit plus au bout d'un certain temps dans les *poids* par une variation de 30°. de *Fahrenheit*; preuve qu'alors il n'existoit plus de *vapeur* dans l'espace; et quelques-uns des *hygroscopes* à *expansion* faisoient des mouvemens contraires aux précédens, parce que les variations de la *chaleur* n'avoient plus d'effet que sur les substances elles-mêmes.

373. La *sécheresse absolue* étoit donc produite dans l'appareil; et je faisois alors l'opération inverse, pour laquelle j'ôtois d'abord le vase à *chaux*, après avoir remis la coulisse, que je cimentois aussi-tôt; puis j'introduisois le linge mouillé, qui va nous montrer des effets *hygroscopiques* très-instructifs. Ces expériences, comme je l'ai dit, étant destinées à l'*hygrométrie* comme à l'*hygrologie*, je produisois l'*évaporation* dans le vase par parties successives, au moyen du *tiroir* dont j'ai parlé; mais pour l'*hygrologie*, les *maxima* suffisent. Faisant ces expériences en hiver, je choisissois, pour la dernière *évaporation*, un

jour où ma chambre, ayant les fenêtres et les portes fermées, avoit une *température* voisine du point 32 de *Fahr.* J'introduisois alors le *linge mouillé* dans le vase, et je cimentois les joints de l'entrée; observant ensuite le point auquel tous les *hygroscopes* cessoient de se mouvoir par augmentation de *poids* ou d'*expansion.* Quand la température étoit assez fixe dans la chambre pour que toutes les parties de l'appareil eussent exactement le même degré de chaleur, il ne se faisoit point de dépôt d'*eau* sur les parois du vase, et les *hygroscopes* à *expansion* étoient arrivés à leur point d'*humidité extrême* pris dans l'*eau*; mais cette égalité de *température* est une circonstance très-difficile à obtenir; et la moindre différence, à cet égard, entre les parties du vase, fait déposer de l'*eau* sur les parties les plus *froides*, sur-tout sur le verre, qu'on ne peut même en garantir, que par un peu plus de chaleur : mais ici ces différences ne sont d'aucune importance.

374. J'allumois alors du feu dans le poële, le *linge mouillé* demeurant dans l'appareil. Ainsi la quantité de *vapeur* alloit augmenter dans le vase, comme il arrivoit dans les expériences de M. DE SAUSSURE; et si j'avois pu y placer un *manomètre*, il auroit montré,

comme dans les siennes, une augmentation de *pression*. Cependant, à mesure que le *thermomètre* montoit dans l'appareil, je voyois diminuer les *poids* et les *expansions* des substances *hygroscopiques;* elles recevoient donc moins d'*eau*, malgré l'accroissement successif des *maxima* de la *vapeur*, et la diminution des deux effets étoit assez considérable, quand je portois la *température* jusqu'à 70°. de *Fahr.*

375. C'est-là une expérience vraiment fondamentale en *hygrologie*, parce qu'elle commence à établir les vrais rapports de la *vapeur aqueuse* avec l'*humidité* dans les corps. Nous y voyons déjà, que la *densité* de la *vapeur* est bien sans doute une des conditions du *degré* de l'*humidité;* mais qu'elle ne suffit pas pour le déterminer, puisqu'il y intervient un certain rapport avec la *température.* Et si l'on substitue au mot *humidité*, l'expression d'*eau invisible* dans les corps, que j'ai dit lui être synonyme, on trouvera, qu'à même quantité de la *vapeur*, celle de cette *eau* que les corps *hygroscopiques* peuvent retenir, suit une raison inverse du degré de la *chaleur.* C'est, dis-je, ce qu'ont montré d'abord les variations correspondantes des *expansions* et des *poids* dans les mêmes substances, par celles de la *température.* Et mettant à part,

pour

pour un moment la *rétrogradation* de l'un et de l'autre effet dans les *maxima* par de plus hautes *températures*, objet distinct auquel j'aurai occasion de revenir, nous voyons encore certainement, par ces expériences, qu'il y a une *borne* dans l'acquisition d'*eau* par les substances hygroscopiques *poreuses* qui ont la faculté d'*expansion*, et qu'elles acquièrent cette quantité fixe, dans les moindres *maxima* de *densité* de la *vapeur* par de basses *températures*, comme dans les plus élevés par de plus hautes *températures*.

376. J'ai expliqué dans la partie précédente, que la cause de l'accroissement du *maximum* de *densité* de la *vapeur* par les *températures* plus élevées, est qu'il y a plus de *feu* libre dans l'espace. Or c'est aussi le *feu* libre qui enlève constamment de l'*eau* aux substances *hygroscopiques*, en la faisant *évaporer;* et comme il leur en enlève plus dans les mêmes temps, lorsqu'il est en plus grande quantité, il compense ainsi la plus grande quantité de la *vapeur;* et nous voyons même par l'expérience ci-dessus, qu'à mesure que la chaleur augmente, l'augmentation de l'*évaporation* de l'*eau* contenue dans la substance, fait plus que compenser celle de la *vapeur* autour d'elle. Mais comment, en général, s'opère

cette compensation ? C'est-là une question plus difficile à résoudre qu'elle ne le paroît d'abord, or j'aurai bien du chemin à parcourir, vu le nombre de *causes* qui concourent à cet *effet*, avant que d'en avoir tracé la marche avec l'évidence dont elle est susceptible.

377. Le problême général est celui-ci. Pourquoi le *feu* libre ne fait-il pas *évaporer* toute l'*eau* contenue dans la substance de l'*hygroscope*, aussi bien quand il y a de la *vapeur* dans l'espace, que lorsqu'il n'y en a point ? D'où procède l'*équilibre* qui s'établit entre la *substance hygroscopique* et la *vapeur*, tant aux différens *maxima* de celle-ci, qu'à ses différens *degrés* proportionnels aux *maxima* ? Nous avons, M. DE SAUSSURE et moi, nommé *hygroscopique*, l'équilibre de fait qui s'établit entre la substance de l'*hygromètre* et le *milieu*; mais quelle est sa *cause ?* Ce seroit-là un sujet très-étendu, si l'on vouloit embrasser tous les genres de substances *hygroscopiques ;* mais ces détails n'appartiennent pas au fond de la question. J'ai dit quelque chose à cet égard, au §. 155, quant aux *liquides hygroscopiques* et aux *sels déliquescens ;* et j'ai parlé au §. 364, des *maxima* hygroscopiques de la *chaux* et d'une certaine *pierre sableuse ;* ce

qui peut suffire pour donner de premières idées du sujet général; de sorte qu'à présent je me bornerai aux corps qui éprouvent de l'*expansion* par l'humidité ; parce que ce que j'en dirai, pourra s'appliquer, *mutatis mutandis*, à tous les genres de substances *hygroscopiques*, quand on les aura étudiées comme j'ai étudié ces corps. Je n'épargnerai point les détails sur ce sujet, parce que s'agissant de fait, ces détails peuvent même être utiles au-delà des objets particuliers auxquels ils sont nécessaires. Je puis même indiquer dès ici un de ces objets indirects; car comme les corps dont je parlerai appartiennent aux règnes *végétal* et *animal*, la *physiologie* s'y trouve très-intéressée; elles se rapporteront aussi à la théorie des *ressorts*, et à d'autres classes d'effets.

378. L'*expansion* des corps par l'*eau*, a ceci de distinct de leur expansion par le *feu*, que la première a une *limite* absolue, au lieu qu'à l'égard du *feu* (mettant à part les *combustibles*) il n'y a aucune *limite* dans l'*expansion* qu'il produit, soit dans les *solides*, soit dans les *liquides*, jusqu'à ce que les premiers soient *liquéfiés*, et les derniers *vaporisés;* phénomêmes qui n'appartiennent plus à la simple *expansion*, mais à des *combinaisons*

du *feu* avec les substances. Or d'où provient cette *limite* dans l'*expansion* des corps par l'*eau ?* On penseroit assez naturellement, que ces corps résistent de plus en plus à l'*expansion*, à mesure qu'elle est déjà plus grande; comme il arrive aux *ressorts* quand on les bande; et que la limite de cette introduction de l'*eau*, procède d'une trop grande *tension ;* mais il n'y a aucun rapport entre les deux cas. Je parlerai ailleurs de ce qui arrive aux corps *hygroscopiques* eux-mêmes, comme solides *élastiques ;* mais ici je me bornerai à montrer, que loin qu'ils résistent de *plus en plus* à l'*expansion*, à mesure qu'elle est déjà plus grande, ils y résistent de *moins en moins*. J'expliquerai d'abord la cause de cette diminution de résistance, après quoi j'en montrerai la réalité.

379. La résistance qu'éprouve l'*eau* à s'introduire dans les corps qu'elle peut néanmoins *dilater* en s'y introduisant, procède de la tendance de leurs *molécules* au *rapprochement*, et au *rapprochement* sous une certaine *forme*. Ce sont là deux *loix* distinctes, mais qui ont lieu en même temps lorsque rien n'y fait obstacle; alors, dis-je, les corps hygroscopiques tendent à prendre le plus petit *volume*, sous une certaine *forme* déterminée

pour chacun; et c'est cette *tendance* que l'*eau* doit vaincre pour se glisser entre leurs molécules. Tel est le *fait*, dont je n'examine point ici la *cause*, non plus que des *tendances* en général; on sait assez que sur cet objet, j'ai adopté le système de *physique-mécanique* de M. LE SAGE. Mais en fait aussi, toutes les *tendances* qui peuvent s'exercer à quelque *distance*, diminuent à mesure que la *distance* augmente. Or lorsque l'*eau*, s'introduisant entre les *molécules* de ces corps, les *écarte*, elle augmente leur *distance* entre elles; ainsi, plus elle les a déjà *écartées*, moins elle doit trouver de *résistance* à les *écarter* davantage; puisque leur *distance* a augmenté.

380. Je dois faire encore remarquer dès ici qu'on s'est probablement trompé lorsqu'on a conclu de la *dilatabilité* des corps par le *feu*, que leurs molécules ne se *touchent* jamais; en alléguant, que dans les plus grands *froids* il reste toujours du *feu* entre elles, qui les *écarte* jusqu'à un certain point par son expansibilité. Pour ne pas m'étendre à cet égard sur les modifications des *liquides*, qui me tireroient trop hors de mon sujet, je montrerai dans celles des *solides*, que leurs *molécules*, dans leurs contractions et expansions, éprouvent une *friction* sensible entre

elles, qui augmente à mesure qu'elles sont plus rapprochées ; ce qui me paroît prouver, qu'elles se *touchent* seulement par moins de *points* quand elles laissent une plus grande somme d'*espaces* entre elles. Il faudroit ici le *génie* de M. HAUY pour découvrir, non seulement les *figures* de ces molécules, et les *faces* par lesquelles elles tendent les unes vers les autres; mais encore les *différences* qui doivent se trouver entre elles, individuellement, suivant la place qu'elles étoient *destinées* à occuper dans les *corps*, pour qu'en se rapprochant, elles tendent à donner à ceux-ci une *forme* déterminée. Car telle est la propriété réelle de ces molécules, comme on le verra par toutes mes expériences ; et c'est un objet bien digne d'attention pour ceux qui s'occupent de *téléologie :* sur quoi je dois renvoyer à ce que j'ai dit sur ce sujet aux §§. 39 et suiv. de mon *Précis de la phylosophie de Bacon.* Je ferai remarquer encore, que la raison de ce qu'il n'y a pas de borne dans l'*expansion* des corps par le *feu*, c'est qu'il n'a pas une propriété que je montrerai dans l'*eau*, et qui limite son effort; dont cependant je ne ferai pas une comparaison expresse avec les propriétés du *feu*, parce qu'on pourra la faire aisément.

581. Pour venir au sujet principal, je rappellerai d'abord des propositions, qui seront prouvées par mes expériences. — 1°. La *résistance* à être *écartées*, non seulement des *molécules* qui composent les *fibres* des *corps organisés*, mais des *fibres* elles-mêmes, décroît à mesure que l'*eau* les a déjà plus écartées en s'introduisant entre elles. — 2°. La *tendance* au rapprochement, tant des *molécules* dans les *fibres*, que des *fibres* elles-mêmes entre elles, n'est pas seulement pour occuper le plus petit *espace*, mais pour l'occuper sous une certaine *forme*. — 3°. Quand les *molécules* et les *fibres* sont forcées à s'*écarter*, leur *contact* ne cesse probablement pas entièrement, elles se *touchent* seulement par moins de *points;* car elles éprouvent entre elles une *friction*, qui les empêche d'obéir régulièrement à leurs *tendances*, et d'autant plus, qu'elles sont déjà rapprochées par de plus grandes faces.

Je ne m'occuperai ici que de la généralité de ces objets ; et je n'y introduirai pas encore la distinction entre l'*alongement* et l'*écartement* des *fibres* par l'introduction de l'*eau;* ce sujet appartient à l'*hygrométrie*, où je le traiterai en détail d'après l'expérience.

582. Ce fut en abandonnant mon *hygromètre*

d'*ivoire*, que je fus jeté, dès l'année 1776, dans le long cours d'expériences dont je commencerai ici à donner les résultats : ils coûteront sans doute aux physiciens la lecture de nombre de pages, mais il m'en a coûté le travail de plusieurs années pour les obtenir. J'abandonnai cet instrument, parce que n'y ayant encore qu'un seul *point fixe*, celui de l'*humidité extrême*, sa *comparabilité* étoit fondée sur la supposition, que différentes pièces d'*ivoire* se *contracteroient* proportionnellement par les mêmes degrés de diminution de l'*humidité*; mais quand je vins à prendre des pièces de différentes *dents*, je ne trouvai pas cet accord. J'étois alors en Angleterre, où je pouvois me procurer de l'*ivoire* de beaucoup de différentes dents : j'y trouvai aussi un habile tourneur, qui m'en faisoit des cercles très-minces, dont, en les ouvrant, je faisois des bandelettes, et je résolus d'employer à de nouveaux *hygromètres*, des bandelettes composées de pièces de différentes dents, goupillées ensemble; pensant que les inégalités de leurs expansions se compenseroient par un certain nombre. Je trouvai le moyen de faire des *hygromètres* composés des pièces de 15 différentes dents, formées en 5 bandelettes qui

concouroient en commun au mouvement d'un *index :* j'en fis 3 de cette manière, tirés de 45 différentes dents, et dont les bandelettes, de même longueur, étoient semblablement mesurées par un *index*, indiquant des *contractions* à partir du point de l'*humidité extrême ;* mais ils ne s'accordèrent pas.

383. Il me vint alors une idée qui m'entraîna dans bien du travail; j'y perdis même de vue pour quelque temps l'*hygrométrie*, parce que des considérations de *physique générale* et de *physiologie* en prirent la place, et soutinrent ma constance ; j'espère que les mêmes considérations intéresseront les physiciens. Cette idée fut de chercher, par l'*expansibilité* comparative d'un grand nombre de pièces tirées de différentes dents, l'*expansibilité moyenne* de l'*ivoire ;* et d'employer ensuite comme *étalon*, la pièce, ou l'ensemble de pièces qui posséderoit cette *expansibilité moyenne*. Je fis alors divers *cadres*, formés de tubes de verre de 4 pieds de long, semblablement construits, et j'y essayois des bandelettes composées de 15 pièces d'*ivoire* de différentes dents ; les comparant successivement à la première. J'expliquerai ce procédé dans ma dernière tentative ; mais quant à celle-ci, elle devint enfin trop dispendieuse

pour la pousser jusqu'au bout; car après avoir fait nombre de ces bandelettes, les nouvelles que j'y ajoutois changeoient sensiblement, par leurs *expansibilités* particulières, l'*expansibilité moyenne*.

384. Je fis alors des essais semblables sur nombre de corps; et comme ceux que j'étois obligé d'employer dans le sens de la *longueur* de leurs *fibres*, n'avoient que peu d'*expansion*, pour empêcher que les changemens produits par la chaleur dans mes cadres de *verre*, ne se mêlassent à ceux-là, j'y employai un moyen semblable à celui par lequel on conserve une même longueur au *pendule*; ce dont je décrirai la manière, parce que j'aurai occasion d'en citer un effet particulier, et qu'on pourroit aussi en tirer l'idée d'un *étalon* de *mesure* qui seroit invariable par les changemens de la *chaleur*.

385. Mes *cadres* étoient faits, comme je l'ai dit, de baguettes de *verre* de 4 pieds, réunies parallèlement l'une à l'autre par des pièces de laiton. Une bandelette de ce métal, rendue très-mince au laminoir, étoit fixée à une certaine hauteur sur l'un des piliers de *verre*, d'où elle descendoit le long de ce pilier, et venoit passer au bas du cadre sur une bascule très-mobile, remontant ensuite un peu. Cette

extrêmité ascendante portoit une pince, qui servoit à fixer l'une des extrêmités du corps hygroscopique ; l'autre extrêmité de celui-ci communiquoit à l'axe de l'*index* par une lame du même laiton, portant aussi une pince. J'avois déterminé, par des expériences très-exactes décrites dans les *Trans. phil.* de 1778, le rapport des *expansibilités* du *laiton* et du *verre* que j'employois; et d'après ce rapport, je déterminois la longueur que devoit avoir la bandelette de *laiton*, compris celle qui aboutissoit à l'axe de l'index, pour que, compensant par ses excès d'expansion ou de contraction, celles du *verre*, la *distance* entre les *pinces* demeurât toujours la même. Ce fut dans ces *cadres* que j'éprouvai les expansions hygroscopiques d'un grand nombre de substances.

386. J'employois des *ressorts* à tambour, en connexion avec l'axe, pour donner aux corps éprouvés le degré de *tension* nécessaire ; parce que je pouvois accroître ou diminuer ce degré à volonté, en bandant plus ou moins le *ressort;* mais j'avois un moyen d'y substituer des *poids*, égaux à chacun des degrés d'effort d'un *ressort;* et c'est dans les épreuves sur le degré nécessaire de *tension* pour les différens corps, que je découvris

la *diminution* de *résistance* de leurs *molécules* à être *écartées*, à mesure qu'ils étoient pénétrés de plus d'*eau*.

387. Presque tous ces corps ayant des *courbures* naturelles, c'étoit la *tension* qui devoit les redresser, et je leur en donnois d'abord un certain degré dans l'état d'*humidité* où ils se trouvoient en les employant, puis je les plongeois dans l'*eau* : or quand la *tension* étoit trop forte, ils se *rompoient* lorsqu'ils étoient pénétrés par l'*eau*; ce qui ne pouvoit être, que parce que les *molécules*, ou les *fibres*, déjà plus *écartées* par l'*eau*, avoient une tendance moins *forte* à rester unies. C'étoit le redressement des *courbures*, qui m'obligeoit au tâtonnement sur le degré de *tension*. La *tendance* à s'arranger sous certaine *forme*, qui étoit aussi plus grande tandis que les molécules étoient plus *rapprochées* par moins d'*humidité*, diminuoit, quand les substances avoient été pénétrées d'*eau*; ce qui démontre directement la proposition dont je m'occupe. C'étoit, dis-je, alors seulement, que les *courbures* s'effaçoient plus ou moins, suivant les corps; mais si la *tension* étoit trop forte, ou ils se rompoient dès la première immersion dans l'eau, ou ils acquéroient un excès de longueur absolue, qui

s'appercevoit lorsqu'ils revenoient à l'état de l'air, et qui augmentoit dans de nouvelles *immersions*, de sorte qu'enfin ils s'y rompoient.

388. La plus grande résistance de ces corps aux efforts extérieurs, quant à leur *alongement*, quand ils étoient plus secs, me conduisit à penser, que les *ressorts* étoient préférables aux *poids* pour les tenir *tendus;* car tandis qu'un *poids* exerce toujours la même action, la substance résiste de moins en moins à mesure qu'elle s'*humecte;* ainsi le *ressort* est plus convenable, parce qu'il se relache à mesure que la substance s'alonge. Je soumis cette idée à l'expérience, et je trouvai en effet, qu'une substance assez expansible, la *plume* coupée en travers, après avoir soutenu dans l'*eau*, l'action d'un *ressort*, s'y rompit, lorsque je substituai à ce *ressort*, un *poids* qui lui étoit équivalent lorsque la substance plus courte dans l'*air*, lui donnoit une plus grande tension. Je parlerai bientôt de ces bandelettes formées de *plumes* coupées en travers. Dans d'autres expériences, en échauffant seulement l'*eau* dans laquelle se trouvoit une substance trop *tendue*, un petit degré d'expansion qui en résultoit, suffisoit pour la faire rompre.

389. Ces phénomènes prouvent donc la première des propositions posées au §. 382, savoir : que la *résistance* des *molécules* des *corps organisés* à être écartées, diminue à mesure qu'elles sont plus pénétrées d'*eau* : ce qui s'étend sur leur propriété énoncée dans la seconde proposition, soit leur tendance à se rapprocher sous une certaine *forme ;* or c'est dans les phénomènes de cette dernière classe, auxquels je vais passer plus particulièrement, que se découvre la *friction* entre les *molécules* et entre les *fibres*, qui fait l'objet de la troisième proposition.

390. C'est dans des expériences sur les *plumes*, que je fus d'abord frappé de cette circonstance. J'avois pris à cœur, comme je l'ai dit, la recherche du nombre d'individus d'une même espèce dont il falloit éprouver l'*expansibilité* pour obtenir l'*expansibilité moyenne* de l'espèce. J'avois renoncé à l'*ivoire*, parce que la tentative commençoit à devenir trop dispendieuse ; je poussai plus loin la recherche sur la *baleine* coupée à travers des fibres ; et ici les individus ne manquoient pas, mais je fus ennuyé et fatigué du travail de les réduire en bandelettes minces, parce qu'après en avoir déjà éprouvé un très-grand nombre, j'étois encore fort éloigné du but ; de

sorte que j'étois prêt à y renoncer, malgré l'intérêt que j'y attachois pour la physique générale, lorsqu'il m'arriva d'observer dans un chantier de vaisseaux de lignes, la fabrication des gros *cables*, où je vis, que pour effacer dans le *cable*, l'inégalité des premières *cordelettes* en divers points de leur longueur, on en employoit 1500, en 3 faisceaux de 500 chacun. J'observai les *inégalités* de diamètre des *cordelettes*, et les trouvant plus grandes que celles que j'avois observées dans l'*expansibilité* des mêmes espèces de substances, j'en conclus, qu'en en choisissant une espèce dont je pusse aisément éprouver un grand nombre d'individus, il seroit intéressant de voir en quel nombre il faudroit les prendre pour avoir l'*expansibilité* moyenne de l'espèce, comme on avoit dans chaque partie d'un *cable* le *solide moyen* des *cordelettes*.

391. Je pensai alors aux *plumes d'oie*, auxquelles j'avois trouvé beaucoup d'*expansibilité* dans le sens de la largeur de leurs fibres; et pour diminuer les *différences* entre elles, j'employai des *plumes* d'une même partie de l'aile, connues par la forme de leur barbe, et je les choisis aussi autant qu'il me fut

possible, égales en diamètre et force, n'employant non plus que la partie la plus cylindrique du tuyau. J'acquis, par la pratique, des moyens expéditifs de les couper en hélices, et de les goupiller par quinzaines, ce qui me fournissoit à la fois l'*expansibilité moyenne* de 15 plumes. Je faisois ces expériences dans mes grands cadres, dont les *axes* qui portoient les *index*, étoient d'égal diamètre, et où je plaçois les bandelettes d'égale longueur dans l'air. Les *index* indiquoient les *contractions* sur des cadrans divisés en degré de cercle, à partir d'un point, qui étoit l'*humidité extrême;* et les *degrés*, qui étoient immédiatement des quantités de *contraction*, donnoient inversement ceux d'*expansion.* L'expérience sur chacune de ces bandelettes, commençoit par la plonger dans l'*eau*, en l'y laissant jusqu'à ce que l'*index* fût fixe; je la faisois alors sécher dans l'air, et à la seconde immersion, je fixois l'*index* à o, puis j'observois le degré de *contraction* dans l'air. Je destinai la première de ces bandelettes à servir de point de comparaison pour toutes les autres. Ayant quatre de ces cadres, je faisois l'expérience sur trois bandelettes à la fois, les plaçant auprès de la première; et quand

quand les *index* étoient fixes, nommant 1000 le point indiqué par la bandelette de comparaison, je changeois dans le même rapport, les indications des autres; ce qui me fournissoit les *expansibilités* comparatives de toutes ces bandelettes.

392. Je poussai cette entreprise jusqu'à son terme; mais ce ne fut qu'après avoir éprouvé l'*expansibilité* de passé 1000 plumes; et voici comment je trouvai que je l'avois atteint. J'avois éprouvé les *expansibilités* de 70 bandelettes chacune de 15 *plumes*, exprimées par des nombres, comme je viens de l'indiquer: or quand je prenois au hasard 35 de ces nombres, leur *terme moyen* étoit toujours sensiblement le même, et le même que celui de leur totalité. D'où il résulte, qu'en éprouvant l'*expansibilité* de 525 *plumes* telles que je les ai déterminées, on a très-probablement l'*expansibilité moyenne* de l'espèce; au lieu qu'il faut 1500 *cordelettes* pour que le *cable* ait partout 1500 fois leur *solidité moyenne*.

393. Je ne poussai si loin cette recherche qu'en vue de nombre d'espèces de phénomènes physiques, dont j'indiquerai plusieurs dans la suite; phénomènes qu'on n'entendoit pas, parce qu'on les croyoit plus simples qu'ils ne le sont en effet, et qui ont ceci de commun,

que leur *permanence* apparente à certains *degrés*, comparativement à quelque cause perceptible, procède, non d'une action égale et continue, mais de ce que des effets, ou inégaux entre eux, ou inégalement compensés dans certaines limites, se répètent assez souvent dans un court espace de temps, pour que les différences s'effacent quant à l'observation. Ce sera donc à cet exemple sensible, et à celui des *cables*, que je rapporterai divers phénomènes dont j'aurai occasion de parler.

394. L'*hygrométrie*, ai-je dit, avoit cessé d'être mon objet principal dans ces expériences; cependant, n'ayant point encore trouvé de second *point fixe* quand elles furent terminées, j'en fis usage pour mon second *hygromètre*, fait déjà de *baleine* coupée à travers des fibres : je présentai cet *hygromètre* à l'Académie royale des sciences de Paris en 1781, et le P. COTTE l'a observé pendant quelque temps. Il avoit le point fixe de l'*humidité extrême*, et ses *degrés* étoient déterminés par comparaison à mon *étalon* de *plumes*. On auroit donc pu le construire par-tout, en produisant un *étalon* semblable; et si j'y avois été réduit, j'en aurois plus particulièrement décrit le procédé quant à la

pratique : mais comme il laissoit indéterminée la quantité absolue de l'*humidité*, je ne perdis pas de vue la recherche de son *zéro*, et j'y parvins de la manière que j'ai déjà expliquée.

595. C'est encore dans le cours de ces expériences sur les *plumes*, que j'observai le phénomène annoncé ci-dessus comme indiquant une *friction* entre les *molécules*, et même entre les *fibres* des substances *fibreuses*, quand elles éprouvent des *expansions* ou *contractions ;* voici quel est ce phénomène. Si j'entreprenois de *redresser* mes *hélices* de *plumes* tandis que leur substance n'étoit pénétrée d'*eau* que dans l'état de l'*air*, elles se rompoient. Il falloit donc d'abord les laisser séjourner dans l'*eau* jusqu'à ce qu'elles en fussent entièrement pénétrées ; et alors, ayant une tendance moins forte à se rapprocher, je pouvois les redresser suffisamment pour les placer dans mes cadres : puis les plongeant dans l'*eau* deux fois, après les avoir laissé sécher dans les intervalles, les *courbures* se trouvoient assez bien effacées, excepté au point d'une *côte* qu'on voit sur le tuyau des plumes du côté du dessous. Dans ce *redressement* par *tension*, les molécules avoient été forcées à sortir de leur arrangement naturel;

or voici à quoi l'on reconnoît qu'elles éprouvent quelque *friction* entre elles dans l'exercice de leurs tendances. Lorsque mes bandelettes de *plumes* avoient demeuré un certain temps dans cet état de *tension*, éprouvant les variations de l'humidité de l'air, et que je les ôtois des cadres dans un temps sec, elles ne formoient d'abord qu'une grande hélice qui avoit peu de révolutions ; je voyois ensuite le nombre des révolutions augmenter lentement, en se resserrant ; ce qui manifestoit la résistance qu'éprouvoient les *molécules* à reprendre leurs *places* naturelles, à quoi néanmoins elles tendoient ; mais si je les plongeois dans l'*eau*, à mesure qu'elles en étoient pénétrées, elles se rouloient rapidement, et revenoient au diamètre qu'elles y avoient eu d'abord ; parce que les *molécules* écartées par l'*eau*, pouvoient alors glisser plus aisément les unes sur les autres. Lorsqu'ensuite je les laissois sécher dans cet état, les hélices se serroient plus, et formoient un tuyau de plus petit diamètre que les plumes elles-mêmes ; ce qui prouve que les lames intérieures ont de la tendance à former un tuyau d'un plus petit diamètre ; et comme cependant elles sont retenues par les lames extérieures auxquelles elles adhèrent,

il en résulte plus de *rigidité* dans le tuyau avec moins de matière; ce qui présente un autre objet pour la *téléologie*.

396. Je n'ai pu parvenir à séparer, dans une assez grande longueur, ces lames intérieures et extérieures de la plume, pour faire la comparaison de leur degré de tendance à former des tuyaux de différent diamètre; mais j'ai réduit à la lime quelques *hélices*, à n'être qu'une mince pellicule; je les coupois d'abord à-peu-près d'une demi-ligne de largeur, puis je les dressois dans un instrument fait exprès, en les coupant droites de chaque côté; ce qui les réduisoit à-peu-près à un quart de ligne. C'est ainsi que j'ai fait l'hygromètre *à plume* dont je parlerai dans la suite. Alors la bandelette se redressoit avec très-peu de *tension* : et en général, c'est-là le moyen de procurer à diverses substances, la stabilité au point de l'*humidité extrême* que je n'avois trouvé auparavant qu'à la *baleine* et au *cheveu* peu tendu. Quand une telle bandelette de *plume* a resté long-temps dans l'état de *tension*, un an par exemple, et qu'on la rend libre, la *friction* entre ses *molécules* la conserve presque droite, tant que l'*humidité* ne varie pas; parce qu'il n'y a plus cette grande différence de tendance à

se rapprocher, qui se trouve entre les lames intérieure et extérieure de la *plume* entière; mais si on l'*humecte*, elle reprend dans l'instant la forme d'*hélice*, laissant entre ses révolutions la distance des parties coupées. Voilà qui indique une grande précision dans les tendances des molécules *individuelles*, qui concourent à former un *tout* sous une certaine *forme*. Je reviendrai à ce même sujet à l'occasion de l'*hygrométrie*; car il importe à la théorie de l'*élasticité* des *solides*, comme au *mystère* de l'*organisation*.

397. Cet effet de la *friction*, entre les *molécules* comme entre les *fibres*, dans les *corps organisés*, explique les anomalies observées dans les *hygromètres*, et en particulier la difficulté qu'on éprouve dans la détermination du point de *sécheresse absolue*. Il n'y en a aucune dans celle du point de l'*humidité extrême*; parce que les *molécules*, alors écartées par l'*eau* au plus haut degré, se prêtent aisément à l'équilibre qui doit s'établir, entre leur tendance à arriver au moindre *volume* sous une certaine *forme*, et l'effort extérieur, qui tend à agrandir leur *volume* sous une autre *forme*. Mais à l'égard du point de la *sécheresse absolue*, l'*eau* étant toute évaporée, les *molécules* surmontent bien par

leur tendance l'effort du ressort, mais elles sont déjà trop rapprochées, pour pouvoir d'abord se rapprocher autant que le ressort pourroit le permettre; la *friction* les en empêche, comme elle empêche, par exemple, les grains de bled qu'on verse dans une mesure, de la remplir autant que l'espace le permettroit; de sorte qu'il faut des *secousses*, pour aider leur tendance vers le bas à surmonter la *friction* qu'ils éprouvent entre eux. Or le même effet se manifeste dans la substance hygroscopique, par une autre espèce d'*agitation;* c'est en la tirant du vase à chaux, quand elle s'y est fixée une première fois; puis, en la laissant un peu rétrograder vers l'humidité, on la remet dans le vase. En répétant quelquefois cette opération, la *contraction* arrive enfin à un terme fixe.

398. Cette difficulté de fixer le point de la *sécheresse absolue*, ne seroit pas néanmoins un grand inconvénient, s'il n'en résultoit qu'un peu plus de travail dans la construction de l'*hygromètre*, mais sa cause agit dans toute la marche de l'instrument, d'une manière peu sensible dans les grands degrés d'*humidité*, mais avec une marche croissante à mesure que la sécheresse augmente. C'est-là un défaut inévitable dans la mesure des

expansions des *solides*, car il se fait appercevoir dans celles des barres métalliques par la *chaleur;* je ne connois que le *verre* qui ait des expansions régulières. C'est aussi un obstacle à l'exacte comparabilité des *hygromètres;* outre que les deux *points fixes* ne font pas entièrement disparoître les effets des différentes *expansibilités* des individus de même espèce; mais ces défauts ont des limites, et je ne connois encore aucune observation dans laquelle ils puissent occasionner des erreurs essentielles, comme on le verra dans l'*hygrométrie*.

399. Nous savons donc certainement, que la limite de l'introduction de l'*eau* dans les *corps organisés* ne provient pas d'une résistance de leurs *molécules* et de leurs *fibres* qui *croisse* à mesure qu'elles sont déjà plus *écartées;* puisqu'au contraire leur résistance *décroît*. Il faut donc que cette limite provienne d'une diminution dans la *tendance* de l'*eau* à s'y *introduire* qui croisse plus rapidement que celle-là, et nous la trouverons dans la cause même de cette *introduction*. Ici nous allons entrer dans une autre carrière assez longue, mais indispensable. J'ai supposé, sans en donner encore des preuves, que l'*eau* s'introduisoit dans les corps, par

la *propriété* des *interstices capillaires*, mais je dois maintenant prouver que cela est ainsi, et chercher dans cette *cause* de son *introduction*, celle de ses divers *degrés* et de ses *limites*.

400. Dès qu'il me fut venu à l'esprit que l'espèce d'*affinité* nommée *hygroscopique* par M. DE SAUSSURE et moi, étoit, à l'égard des substances de nos *hygromètres* respectifs, la *tendance* de l'*eau* à entrer dans leurs *pores*, par la même cause qui la fait monter dans les tubes étroits, je songeai aux moyens de soumettre cette conjecture à l'expérience, et d'abord sous une forme où cette *affinité* pût se distinguer des *affinités électives*. Le *sucre* a une *affinité élective* avec l'*eau ;* ces deux substances en s'unissant, forment une nouvelle substance, savoir le *sirop ;* mais il n'en a point de sensible avec l'*alcohol*, qui n'en dissout que fort peu et très-lentement : si donc le *sucre* imbibe également ces deux *liquides*, ce ne peut être que par la propriété des *interstices capillaires*. Cette idée s'étant présentée à mon esprit, je mis un peu d'*eau* sur le fond d'une soucoupe, et un peu d'*alcohol* sur celui d'une autre soucoupe, et je plaçai sur l'un et l'autre liquide un morceau de *sucre* bien crystallisé : les morceaux étoient

à-peu-près égaux, et ils imbibèrent leurs *liquides* respectifs avec une même vîtesse. Ce n'est donc-là que l'effet des *passages capillaires ;* mais voici qui distinguera cette *affinité* d'une *affinité élective.* L'*alcohol* qui étoit monté dans l'un des morceaux de *sucre*, s'évapora sans y avoir produit aucun changement sensible; le *sucre* ne se trouvant qu'*hygroscope* à l'égard de ce *liquide ;* mais le morceau qui avoit d'abord imbibé l'*eau* hygroscopiquement, se combina avec elle par *affinité élective*, et forma du *sirop*.

401. Ma seconde expérience concerna l'*expansion;* je la fis sur des *hygroscopes* à *baleine* coupée en travers, et à *cheveu*, et voici dans quelle vue. Si ces substances s'emparoient de l'*eau* par *affinité élective*, il ne seroit pas naturel d'attendre que des *liquides* qui diffèrent autant d'avec elle, quant aux *affinités*, que l'*alcohol* et l'*éther*, y entrassent avec un même degré d'énergie, et y produisissent la même *expansion ;* je voulus donc savoir celles qu'ils éprouveroient. Je suspendis contre des plaques étroites de laiton, une bandelette de *baleine* et un *cheveu*, chargés l'une et l'autre d'un poids qui se terminoit en pointe, pour servir d'index devant une petite échelle, et je les plaçai dans

un tube de verre, que je remplis successivement des trois *liquides* : j'observai d'abord le point de l'*expansion* dans l'*eau*, puis j'y substituai l'*alcohol* et l'*éther*. L'*expansion* produite par ces deux *liquides* ne fut que très-peu moindre, tant dans le *cheveu* que dans la *baleine*, que l'*expansion* par l'*eau*; ainsi ce n'est-là qu'une différence d'affinité *hygroscopique*, soit de faculté de ces derniers *liquides* à s'introduire dans les *interstices capillaires* de ces substances, contre la résistance de celles-ci à l'*expansion*.

402. Un autre phénomène se manifesta dans ces expériences, qui me surprit d'abord, mais dont je vis ensuite la cause dans une *affinité élective*, qui surmontoit des *affinités hygroscopiques*. Lorsque je plongeois les hygroscopes dans l'*alcohol*, le premier effet étoit une *contraction* sensible de la substance, suivi d'*expansion* jusqu'au *maximum* : quand ensuite je les tirois de l'*alcohol* pour les exposer à l'air, le premier mouvement étoit une *expansion*, qui les portoit au point où ils s'étoient tenus dans l'*eau*, suivie de *contraction* jusqu'à l'état fixe dans l'air en ce moment. Ce sont-là des effets de l'*affinité élective* de l'*alcohol* pour l'*eau*. Au premier moment d'immersion, l'*eau* que la substance

se trouvoit avoir acquise dans l'air, se portoit vers l'*alcohol* voisin, qui l'auroit ainsi amenée au *maximum* de *contraction*, si bientôt il n'y fût entré lui-même. Quand les substances, pénétrées d'*alcohol*, en étoient tirées pour les exposer à l'air, l'*alcohol* s'emparoit d'abord d'une certaine quantité d'*eau* qu'il enlevoit au *feu* dans la *vapeur aqueuse* voisine, ce qui augmentoit l'*expansion* de la substance jusqu'à son *maximum* par l'*eau*; puis l'*alcohol* lui-même s'*évaporoit*, et la substance se *contractoit*. Voilà donc une *affinité élective*, celle de l'*alcohol* et de l'*eau*, qui surmonte deux *affinités hygroscopiques*, celle de l'*eau* avec les deux substances, et celle aussi de l'*eau* avec le *feu* dans la *vapeur*; et pour preuve que c'est à cela que sont dûs ces phénomènes, c'est qu'il n'ont point lieu avec l'*éther*, qu'on sait n'avoir qu'une tendance très-foible à s'unir avec l'*eau*.

403. Pour connoître l'effet de la pénétration d'un *liquide* un peu visqueux dans ces substances, je plongeai la bandelette de *baleine* dans de l'*huile d'olive*, qui la pénétra, mais fort lentement, et n'y produisit finalement qu'une *expansion* beaucoup moindre que celle qu'avoient opérée les autres *liquides*: et elle ne s'*évapora* pas comme eux; de sorte

que la bandelette conserva presque toute son expansion, et fut comme vernissée. Ce phénomène semble d'abord opposé à ce qu'on sait de la propagation de l'*huile* le long des surfaces des corps, bien plus sensible que celle de l'*eau;* mais ce n'est-là qu'une apparence, qui procède de ce que l'*huile* ne *s'évapore* pas; de sorte que, malgré sa tendance plus foible que celle de l'*eau* à se propager le long des surfaces des corps, comme elle y tend sans cesse sans *s'évaporer*, elle sort ainsi des vases qui la contiennent, tels que les lampes, où l'*huile* vient toujours s'écouler à l'extérieur. Ce n'est que par son *évaporation*, que l'*eau* ne produit pas le même phénomène; mais comme elle ne peut *s'évaporer* quand elle s'est glissée dans les interstices des molécules des corps, excepté à l'orifice des passages qu'elle y trouve, elle les pénètre plus intimement que l'*huile*, par une plus grande tendance à se propager le long des surfaces de leurs conduits.

404. Ayant ainsi démontré, que l'*affinité hygroscopique* des substances poreuses *expansibles* par l'*eau*, consiste dans la tendance de ce liquide à les pénétrer, nous avons néanmoins encore d'autres questions à résoudre

dans le grand problême de l'*équilibre hygroscopique*.

1re. *Question*. Puisque l'*eau* produit l'*expansion* de ces corps en les pénétrant, et que les *molécules* et *fibres* de ces corps lui opposent d'autant moins de *résistance* qu'elle les a déjà plus écartées; pourquoi, tandis que les passages lui deviennent ainsi d'autant plus ouverts, cesse-t-elle de les pénétrer au-delà d'un certain point, et ne divise-t-elle pas enfin leurs molécules ?

2e. *Question*. Quand deux corps *hygroscopiques*, deux *hygromètres*, par exemple, placés dans un même lieu, ne sont pas en communication immédiate; comment l'*équilibre hygroscopique* s'établit-il entre eux, soit au *maximum* de l'*humidité*, soit à chacun de ses degrés ?

3e. *Question*. Puisque l'*hygromètre* indique l'*humidité* dans l'air et ses *variations*, autant dans les *températures* fort au-dessous de la *congélation*, où par conséquent il ne sauroit y avoir aucune eau *liquide*, que dans les *températures* supérieures à ce point, en quel état est l'*eau* dans la *vapeur aqueuse*, pour qu'elle puisse produire un même effet dans les deux cas ?

Ces questions n'ont jamais été résolues, parce qu'on les croyoit plus *simples* qu'elles ne le sont ; et c'est ce qui arrive très-souvent, par une idée vague qu'on se fait de la *simplicité* quant aux *causes*. Tant qu'il y a, d'un même *phénomène*, diverses explications, plutôt également *incertaines*, qu'également *probables* comme on les qualifie souvent, on n'est qu'à la surface des choses, on ne les a point approfondies; et ici en particulier, il faut pénétrer fort avant au-delà des *apparences* que nous nommons *phénomènes*, pour déterminer ce qui les produit, avec exclusion de toute autre cause. Je vais donc traiter chacune de ces questions, en analysant les *phénomènes* qu'elles concernent.

PREMIÈRE QUESTION.

« Puisque l'*eau* produit l'*expansion* des
» *corps fibreux* en pénétrant, non-seulement
» dans les intervalles des *fibres*, mais entre
» les *molécules* qui les composent, et que
» les *fibres* et leurs *molécules* lui opposent
» d'autant moins de *résistance*, qu'elle les
» a déjà plus *écartées*; pourquoi, puisque
» les passages lui deviennent ainsi d'autant
» plus ouvert, cesse-t-elle de les pénétrer

» au-delà d'un certain point, et ne divise-
» t-elle pas enfin leurs molécules ? »

405. Il ne peut y avoir d'autre cause de ce phénomène, qu'une *diminution* dans la tendance de l'*eau* à s'introduire dans ces corps, à mesure qu'elle y est déjà en plus grande quantité; *diminution* qui suit une loi croissante, comparativement à celle de la *diminution* de tendance des *molécules* et *fibres* à se rapprocher; de sorte qu'à un certain point, l'effort et la résistance soient en équilibre. La diminution de tendance de l'*eau* à s'introduire dans ces corps, et celle de la tendance de leurs molécules à se rapprocher, procèdent d'une même cause générale, savoir la diminution de toutes les *tendances* qui s'exerce à quelque *distance*, lorsque celle-ci augmente : mais pour l'appliquer au cas de l'*eau*, il faut chercher d'abord pourquoi elle tend à se glisser dans les passages étroits; et pour cet effet chercher ce qui doit produire le cas le plus simple, celui de sa *propagation* le long des *surfaces* en général.

406. Supposons qu'il arrive de quelque part, sur une certaine *partie* de la *surface* d'un corps, des particules d'*eau*; qu'elles aient, jusqu'à une certaine *distance*, de la tendance sensible à se porter vers elle; et

que

que leur première *couche* ne soit d'abord que de l'épaisseur d'une *particule*. Cette première *couche* devra être immobile; puisqu'étant aussi *près* qu'il est possible de la surface du corps, sa tendance à lui rester fixée dans cet espace sera aussi la plus forte possible, et les parties environnantes ne pourront en enlever à celle-là. Supposons qu'une *seconde* couche semblable soit superposée à la première : cette dernière couche ne tendra plus aussi fortement à la surface, à cause de la *distance* augmentée; de sorte que les particules de ses bords tendront plus vers les parties immédiatement voisines de la surface qui n'en ont point encore, qu'à rester sur la *première* couche : il se formera donc une *première* couche tout le tour du premier espace, et la couche se *dédoublera* sur celui-ci jusqu'à quelque distance de son bord. Qu'une *troisième* couche semblable s'ajoute sur le même espace; les particules près de son bord tendront plus fortement vers la zone qui a été *dédoublée;* elles s'étendront sur la couche extérieure encore *simple*, et de celle-ci, elles passeront sur les parties encore *nues;* de sorte que la couche *simple* continuera de s'avancer sur la surface. L'*eau* se propageroit donc ainsi par *gradins*, à mesure que ses couches se



quadrupleroient, *quintupleroient*.... *centupleroient* et plus sur le premier espace, si elle ne s'*évaporoit* en même temps : mais comme elle ne s'*évapore* pas dans les passages étroits dès qu'elle s'y est introduite, elle s'y *propage* jusqu'à ce qu'elle ait traversé ces corps; et ce n'est qu'à l'orifice des passages, que le *feu* peut la faire *évaporer*.

407. Telle étant la marche du phénomène, on comprend que la première *couche* de particules d'*eau* qui s'introduit dans les interstices des corps *fibreux*, soit entre les *fibres*, soit entre les *molécules* de celles-ci, s'y glisse avec toute la force dont elle est susceptible, dans la période où la substance leur résiste aussi le plus, par le plus grand rapprochement de ses molécules. A mesure que de nouvelles *couches* viennent s'ajouter à celle-là, elles se propagent avec moins de force; mais la résistance des molécules diminue aussi par leur *écartement ;* de sorte que les particules d'*eau* continuent d'entrer : mais, d'après l'expérience, la diminution de leur énergie à mesure que leurs couches se *multiplient*, suit une loi croissante, comparativement à celle de la diminution de tendance des molécules à se rapprocher à mesure qu'elles sont plus *écartées ;* de sorte qu'il arrive enfin un

point, où les deux efforts sont égaux; ce qui produit la partie de l'*équilibre hygroscopique* qui concerne le *maximum* d'*humidité*.

SECONDE QUESTION.

« Quand deux corps *hygroscopiques*, deux
» *hygromètres*, par exemple, placés dans un
» même lieu, ne sont pas en communication
» immédiate; comment l'*équilibre hygrosco-*
» *pique* s'établit-il entre eux, soit au *maxi-*
» *mum* de l'*humidité*, soit à chacun de ses
» *degrés ?* »

408. Cette question est susceptible d'une solution abstraite, que j'indiquerai d'abord, parce qu'elle montrera la nécessité d'une solution directe. Par quelque cause que l'*eau* soit disséminée dans l'air, il est de fait que les substances *hygroscopiques* ont quelque *résistance* à vaincre pour s'en emparer, et que cette *résistance* augmente à mesure qu'il y a moins d'*eau* : or nous venons de voir d'un autre côté, que l'*eau* tend avec plus ou moins d'énergie à entrer dans ces substances, suivant la quantité qu'il y en a déjà. Ainsi, quelle que soit la quantité d'*eau* disséminée dans l'espace, et par quelque cause

qu'elle y soit retenue, les substances des *hygroscopes* continueront de lui en enlever, tant qu'elle tendra plus à s'y introduire qu'à rester dans son association quelconque; et quand la tendance sera égale de part et d'autre, l'introduction cessera; elles en prendront ainsi toutes également au *maximum*, si l'espace peut leur en fournir assez, ou *également* au-dessous du *maximum*, s'il n'y en a pas suffisamment. C'est-là une idée générale de l'*équilibre hygroscopique;* mais par-là on ne le connoît encore que fort peu, parce qu'on n'y voit point l'influence de la *chaleur*, qui en est une condition essentielle. Il n'y avoit donc que la connoissance de la *cause* réelle qui retient l'*eau* dans l'espace, qui pût résoudre la question dans toute son étendue: or nous avons vu ci-devant, que cette *cause* est le *feu*, et nous en trouverons une nouvelle preuve en suivant les effets de la *chaleur* sur cet *équilibre*.

409. Nous avons ici à déterminer comparativement, deux *tendances* qui luttent l'une contre l'autre; celle d'où résulte l'adhésion de l'*eau* au *feu* dans les particules de la *vapeur aqueuse*, et celle qui produit son introduction dans les corps *hygroscopiques;*

et nous pouvons déterminer le rapport de ces deux *tendances*, en les comparant l'une et l'autre à une troisième, savoir la *tendance* des particules d'*eau* à rester *unies entre elles*. J'ai montré, en traitant de l'*évaporation*, que la *tendance* des particules d'*eau* à s'unir au *feu* est beaucoup *plus foible* que celle qu'elles ont à rester réunies; de sorte qu'il faut que le *feu* les sépare d'abord par *impulsion*, pour former des particules de *vapeur*. Or c'est le contraire à l'égard de la *tendance* des particules d'*eau* à se glisser dans les passages étroits, elle est beaucoup *plus forte*, que leur *tendance* à rester unies entre elles : la première est la même (comme je l'ai expliqué), par laquelle l'*eau* s'attache à la surface de ces corps; or quand on les plonge dans l'*eau*, et qu'ils en ont été pénétrés, ils en ressortent chargés d'une *couche* de ce liquide bien plus épaisse que celles qui peuvent se former dans leur intérieur; et pourtant, les particules extérieures de cette *couche* se sont séparées de la masse, parce qu'elles tendoient encore moins vers elle que vers le corps, malgré la *distance* de celui-ci.

410. Puis donc que, d'après cette comparaison avec une troisième tendance, celle de l'*eau* à pénétrer les corps *hygroscopiques* est

certainement plus grande que celle qui la tient unie au *feu* dans la *vapeur ;* et que dans leurs mouvemens, les particules de la *vapeur* renfermées dans un certain espace avec un de ces corps, viennent sans cesse le frapper; ce corps leur enlèveroit de l'*eau* jusqu'à son *maximum*, si quelque cause n'y mettoit obstacle : cette cause est le *feu* libre, qui, en traversant le corps, fait aussi sans cesse *évaporer* son *eau* à l'orifice des pores, où elle est bientôt suivie par celle de l'intérieur, qui y revient par sa tendance dès qu'il y en manque.

411. Voici donc la preuve que j'ai annoncée, de l'opération continuelle du *feu* pour faire *évaporer* l'*eau* de la substance *hygroscopique* par *impulsion* du dedans au dehors, en la traversant sans cesse dans tous les sens, et en même temps du *mouvement* des particules de la *vapeur*. J'ai montré, en traitant de la *sécheresse absolue*, que lorsque toute la *vapeur* est enlevée d'un espace, le *feu* fait évaporer toute l'*eau* que contient la substance hygroscopique. Or cette opération, par sa nature, n'a pas moins lieu quoiqu'il y ait de la *vapeur ;* et si cependant la substance conserve alors de l'*humidité*, c'est parce que les particules de la *vapeur* qui viennent la frap-

per, lui rendent de l'*eau;* ce qu'elles ne pourroient faire si elles n'étoient pas *en mouvement*, car celles qui seroient à une certaine distance du corps, n'en éprouveroient plus l'action.

412. Telles sont donc les causes de l'*équilibre hygroscopique* entre la substance de l'*hygromètre* et la *vapeur*, et c'est ce qui va expliquer l'influence de la *température* sur ces phénomènes. Je suppose que cette substance, d'abord privée de toute *eau évaporable*, soit renfermée dans un espace contenant de la *vapeur :* au premier moment, l'*eau* des particules de celle-ci qui viendront à elles, auront la tendance la plus forte à la pénétrer, parce que ses petits conduits n'en contiendront point encore ; et en même temps le *feu* éprouvera la plus grande résistance à la lui enlever, parce qu'elle y adhérera avec la plus grande force. Mais à mesure que l'*eau* s'accumulera dans ces conduits, les nouvelles particules d'*eau* qui arriveront, tendront moins fortement à y entrer, et le *feu* trouvera moins de résistance à l'enlever. Aussi long-temps donc que, par le degré de *densité* de la *vapeur*, et la quantité du *feu* libre, les particules de la première viendront perdre plus d'*eau* avec la substance, que le *feu* ne

pourra lui en enlever dans les mêmes temps ; il s'en fera une accumulation dans ses pores ; mais cette accumulation cessera, lorsque les *acquisitions* et les *pertes* de la substance se *compenseront* dans les mêmes temps. Alors tout paroîtra *en repos* d'après l'observation ; mais les changemens qui arriveront, soit qu'on fasse changer la *température* avec la même quantité de *vapeur*, soit qu'on change celle-ci avec la même *température*, prouveront que les particules du *feu* et de la *vapeur* sont toujours *en mouvement*.

413. Si la *température* vient à hausser, c'est-à-dire, s'il survient plus de *feu* dans l'espace, avec la même quantité de *vapeur* ; le *feu* enlèvera plus d'*eau* à la substance hygroscopique qu'elle ne pourra en recevoir dans les mêmes temps de la *vapeur*, puisque les particules de celle-ci, restant en même nombre dans le même espace, ne viendront pas la frapper plus souvent : ainsi elle perdra de l'*eau*, jusqu'à ce que sa quantité ait assez diminué pour que le *feu*, trouvant plus de résistance à la lui enlever, ne lui en fasse pas *perdre* plus qu'elle n'en acquerra de la *vapeur* dans les mêmes temps. Il y aura donc un nouvel *équilibre* ; mais ce sera avec moins d'*eau* dans la substance, qui par-là aura moins

d'*expansion*. On sent que la marche sera inverse si la *température* baisse.

414. Augmentons maintenant la quantité de *vapeur* dans l'espace, sans changement dans la *température*. La même quantité de *feu* libre demeurant dans l'espace, il ne fera d'abord évaporer de la substance hygroscopique, que la même quantité d'*eau* dans les mêmes temps; et cependant elle en recevra davantage de la *vapeur* : mais à mesure que l'*eau* s'accumulera dans la substance, de nouvelles particules tendront moins fortement à s'y introduire, et le *feu* les lui enlèvera plus aisément; de sorte que par degrés, un nouvel *équilibre* se produira, avec plus d'*eau* dans la substance, et ainsi plus d'*expansion*. Le contraire arrivera, si, la même *température* continuant, la quantité de la *vapeur* vient à diminuer. Or ce que j'ai dit d'un *hygroscope*, sera vrai pour tous ceux qui seront placés dans le même espace, ainsi ils seront toujours d'accord entre eux.

415. On vient de voir qu'il faut que les particules de la *vapeur* soient *en mouvement* pour produire ces phénomènes; et maintenant je vais montrer qu'il faut que ce mouvement soit *très-rapide*. Ces particules étant renfermées dans un certain espace, et allant

sans cesse en frapper les parois, doivent rebrousser très-irrégulièrement ; de sorte qu'il n'est pas problable qu'elles aient deux instans de suite la même *densité* dans aucun point de l'espace, comme, par exemple, autour de l'*hygroscope ;* cependant, quand les *compensations* dont je viens de parler y sont établies, l'instrument ne varie pas d'une manière sensible. Il faut donc que le *mouvement* des particules de la *vapeur* soit si *rapide*, que la différence des quantités qui en arrivent à cette substance dans les mêmes tempuscules, ne puisse, vu qu'il faut un peu de temps pour que les changemens s'opèrent, être sensible à l'index de l'instrument, avant que des changemens contraires n'aient lieu. Cet effet est analogue à celui qu'on produit en rétrécissant le bas des tubes des baromètres pour la mer ; ce qui fait que le mercure n'a pas le temps de se conformer à un certain mouvement du vaisseau, avant qu'un mouvement contraire n'arrive ; quoiqu'il obéisse en même temps au moindre changement *constant* dans la pression de l'atmosphère : c'est encore le cas des *compensations* dont j'ai parlé, à l'égard des *cables*, pour les différences de grosseur, et des *plumes*, pour celles des *expansibilités*, dont les *sommes*

deviennent sensiblement égales au bout d'un certain nombre de *répétitions* : en un mot, c'est un genre d'effet qu'on trouve dans nombre de phénomènes, dès qu'on est arrivé à leurs *causes* réelles, et que, pour l'avancement de la vraie physique, il importe beaucoup d'étudier.

416. J'ai renvoyé jusqu'ici des expériences immédiates que j'ai faites sur les *tuyaux capillaires* (publiées comme les précédentes dans les *Trans. phil.* de 1790), parce qu'en éclairant la marche que j'ai suivie jusqu'ici pour arriver à l'*équilibre hygroscopique*, elles recevront elles-mêmes de la clarté par les principes résultans de cette marche. Je pris pour ces expériences deux tubes de verre capillaires, de différent diamètre, et de 8 à 9 pouces de longueur, que je courbai d'abord en syphon, ne laissant qu'environ demi-pouce de distance entre leurs branches, rendues parallèles : je les rompis ensuite l'un et l'autre par le milieu de la courbure, en prenant la précaution nécessaire pour que la fracture fût à angle droit et bien platte, c'est-à-dire, en les entaillant profondément tout le tour. Je vais d'abord expliquer l'analogie qui se trouve entre les phénomènes *hygroscopiques* des

substances *poreuses* et ceux de ces *tuyaux*, après quoi je rapporterai les expériences.

417. Dans les deux espèces de corps, l'introduction de l'*eau* procède d'une même cause, savoir la *tendance* de l'*eau* à se *propager* le long de la surface de la plupart des corps; *tendance* qui, par la cause que j'ai exposée, décroît à mesure que les corps sont déjà plus couverts d'*eau*. Plus les passages sont *étroits*, moins cette tendance peut diminuer en totalité, parce que s'exerçant tout le tour, la *distance* ne peut augmenter que jusqu'à l'*axe*, moins *distant*, à mesure que le *diamètre* est plus petit. Quant à ce qui résiste aux effets de cette *tendance* dans les deux cas, et qui les borne, c'est seulement la *pesanteur* dans les *tuyaux capillaires*, supposés verticaux; au lieu que dans les corps *hygroscopiques*, la résistance a deux causes, leur résistance à l'*expansion*, et le *feu* libre qui leur enlève de l'*eau*; ce qui constitue la *différence* des deux phénomènes, d'ailleurs *analogues*.

418. Quand différens *tuyaux* peuvent avoir également de l'*eau* au *maximum*, c'est bien toujours la *pesanteur* qui limite son ascension, mais c'est avec cette différence, que comme

l'*eau* tend plus fortement à se propager dans les *tuyaux* plus étroits, il en faut une plus grande colonne pour que la *pesanteur* l'arrête enfin. Dans les substances hygroscopiques *expansibles*, la limite de l'introduction procède, de ce que la tendance de l'*eau* à s'*introduire* diminue, à mesure qu'il y en a déjà davantage, suivant une progression croissante comparativement à la diminution de la résistance du corps à l'*expansion*. Mais ici une autre cause agit sans cesse, savoir le *feu libre* qui enlève de l'*eau* à ce corps; de sorte que pour qu'il puisse en recevoir au *maximum*, il faut que la *vapeur* soit assez dense pour pouvoir, malgré l'action du *feu*, lui en fournir autant qu'il peut en recevoir.

419. J'ai dit que lorsqu'il n'y a pas assez d'*eau* pour produire le *maximum* de son *ascension* dans des *tuyaux*, et que sa source leur est commune, c'est la *pesanteur* qui limite son ascension comparative dans ces *tuyaux*; mais comme son antagoniste, la tendance de l'*eau* à se *propager* le long des corps, est plus efficace dans les passages plus *étroits*, elle s'y élève davantage, et l'*équilibre*, dans des *tuyaux* d'inégal diamètre, s'établit à divers points au-dessous du *maximum*; les colonnes conservant toujours entre

elles les mêmes proportions. A l'égard de l'*équilibre hygroscopique*, dans le même cas où la quantité d'*eau* n'est pas suffisante pour produire le *maximum* d'*expansion* des corps, les mêmes causes qui déterminent la quantité que la *vapeur* doit en fournir à chaque corps pour produire ce *maximum*, agissent aussi pour déterminer les *degrés* inférieurs. C'est toujours le *feu* libre qui fait obstacle à ce que ces corps conservent de l'*eau*, mais il est limité lui-même dans son action en *temps* donné, par le plus ou moins de résistance que lui oppose l'*eau*, suivant sa quantité dans les pores du corps; la borne est donc, à tous les *degrés*, et dans tous les corps renfermés dans un même espace, lorsque le *feu* libre leur enlève autant d'*eau*, que la *vapeur* peut leur en fournir dans les mêmes temps.

420. Après avoir établi ces analogies entre les deux cas, qui me paroissent découler très-clairement des *causes physiques* établies, je vais montrer leurs effets dans le phénomène où ils sont visibles.

Première expérience. Après avoir marqué sur mes deux *tuyaux* d'inégal diamètre, le point du *maximum* d'ascension de l'*eau*, si je mettois sur la section de l'un une *goutte d'eau* qui pût fournir au *maximum* des deux,

elle montoit dans celui-là à son *maximum*, et à l'instant où je lui appliquois l'autre *tuyau*, elle y montoit aussi à son *maximum*. S'il restoit de l'eau superflue, elle étoit chassée par le rapprochement des deux surfaces de la section. (Je dois dire, que pour cette rapidité d'ascension, il faut avoir sucé de l'*eau* au travers des tuyaux, sans en laisser de visible).

Seconde expérience. Si lorsqu'un des *tuyaux* avoit reçu le *maximum* par une goutte d'*eau*, j'essuyois l'excédent au bas, en faisant attention de ne rien enlever à la colonne, et que je lui appliquasse l'autre *tuyau*, l'*eau* descendoit dans le premier et montoit dans celui-ci, et les *hauteurs* de ces moindres *colonnes* conservoient les mêmes proportions qu'au *maximum*.

Troisième expérience. Quand les deux *colonnes* étoient ainsi au-dessous du *maximum*, si je mettois un peu d'*eau* avec un pinceau sur le point de jonction des *tuyaux*, entre lesquels elle s'introduisoit, elle montoit dans l'un et l'autre ; si au contraire j'appliquois un petit morceau de papier brouillard un peu humide sur ce joint, il faisoit descendre les deux *colonnes* ; et toujours elles conservoient les mêmes proportions.

421. Je crois que cette analogie complette le développement de l'*équilibre hydroscopique* à tous ses points, soit entre les différens corps, soit entre eux et la *vapeur*, à tous ses degrés de densité et à toute *température;* ce qui résout le second des problêmes ci-dessus; et s'il n'avoit pas encore été résolu, c'est parce qu'on croyoit y voir un phénomène *simple*, tandis qu'il est un des plus *compliqués* qu'offre la physique expérimentale. Mais, comme je l'ai déjà dit, c'est le cas de nombre d'autres phénomènes qui paroissent *simples* à l'observation immédiate, quoiqu'en les déterminant exactement, on puisse appercevoir qu'ils doivent résulter de plusieurs *causes*. C'est-là une des grandes remarques générales de BACON dans ses préceptes pour l'étude de la nature, et il avoit bien raison de dire que l'une des plus grandes causes des erreurs qui s'y introduisent, c'est qu'on y fixe d'autant plutôt des *causes*, qu'on l'approfondit moins.

422. Quiconque, dis-je, veut vraiment étudier la nature, doit chercher sa marche et la suivre, quelque difficile qu'elle soit, et non y supposer comme beauté une *simplicité* imaginaire, d'après laquelle, pour rendre la

production,

production de quelque effet plus facile à notre conception, on rend impossible celle d'autres effets, souvent plus généraux, qui s'y trouvent liés. Ici nous avons des substances *organiques* dont les *dimensions* changent par certains états de la *vapeur aqueuse* dans le *milieu* ambiant; ce qui, au premier coup-d'œil, paroît un phénomène *simple*. Mais ces substances n'existent pas pour fournir des *hygroscopes ;* elles sont destinées à l'économie animale et végétale, pour laquelle elles doivent avoir certaines propriétés. La vapeur *aqueuse* n'existe pas non plus dans l'*air,* pour que sa quantité soit *mesurée* par l'*humidité ;* elle a nombre d'usages, entre lesquels est celui de produire l'*humidité* dans les corps, et il falloit qu'elle fût propre à tous. On voyoit que cet effet sensible avoit des *degrés*, et l'on vouloit en tirer une *mesure* de la quantité d'*eau* disséminée dans un certain espace d'air; mais il n'étoit pas possible d'y parvenir, sans passer par les études séparées et conjointes, de la *vapeur* elle-même et des *solides organiques*. Voilà pourquoi je suis demeuré si long-temps à décrire cette route; mais je crois qu'on ne sauroit en retrancher un seul pas, sans rompre la chaîne

de *causes* qui vient aboutir à l'*équilibre hygroscopique ;* en même temps que ces *causes* étant plus ou moins générales, servent à l'intelligence d'un grand nombre d'autres phénomènes.

TROISIÈME QUESTION.

« L'*hygromètre* étant affecté d'*humidité* » dans l'air, quoique la *température* soit » beaucoup au-dessous de la *congélation*, et » qu'ainsi l'air ne puisse contenir aucune eau » liquide, en quel état se trouve-t-elle dans » la *vapeur*, pour que la *congélation* ne l'af- » fecte pas ? »

423. Je dois d'abord constater ce phénomène, en ajoutant d'autres cas à celui que j'ai rapporté au §. 248, savoir, l'expérience de M. DE SAUSSURE dans laquelle, le thermomètre étant à — 2,7, l'*évaporation* d'un petit linge imprégné d'eau *glacée*, fit marcher l'*hygromètre* à l'*humidité*. Cette expérience est d'une importance particulière, en ce que l'*évaporation* de la *glace* y fit monter un *manomètre* en même proportion que celle de l'*eau*; et je ne pouvois pas faire la même épreuve dans les miennes ; mais quant au

phénomène lui-même, on va le voir plus grand et plus diversifié.

424. Le 25 décembre 1798, à 8 heures du matin, le thermomètre placé hors de ma fenêtre à *Windsor*, étoit à — 16 de mon échelle, et cependant l'*hygromètre* étoit à 60. Voilà une *humidité* fort grande, par un *froid* très-grand pour nos contrées, et ce fait suffiroit seul pour réfuter l'hypothèse, que l'*hygromètre* n'est affecté dans l'air que par une eau *liquide* qui s'y trouve *mécaniquement* disséminée; ce dont il a été question dans la première partie. Mais ce qui est le plus important à considérer, c'est que l'*humidité* varie autant dans l'air *froid* que dans l'air *chaud*, comme on va le voir par des observations que j'ai faites à *Berlin*, au commencement desquelles mon *hygromètre* se tenoit si *bas*, que le croyant dérangé, je le mis dans l'*eau*; mais il y arriva à son point 100; et ensuite, toujours frappé du degré de *sécheresse* qui régnoit dans l'air extérieur, je retirai de temps en temps l'*hygromètre* dans ma chambre; et il y baissoit encore, parce que l'air y étoit plus *chaud*: ce n'étoit donc pas la gelée qui le tenoit si *bas*. Cette chambre étoit au second étage de l'hôtel du *roi de Portugal*, donnant sur la *Sprée*, dont

cette maison n'est séparée que par un quai. La même *sécheresse* se soutint plusieurs jours, quoique dès que le thermomètre étoit à — 10 ou au-dessous, la petite rivière fut couverte d'un *brouillard ;* mais il ne s'élevoit que jusqu'à niveau du quai. Pendant ces observations, quoique la température de ma chambre différât beaucoup de celle de l'air extérieur, il ne parut aucune vapeur sur les vîtres. Ce temps fut très-extraordinaire ; car je n'avois jamais observé ailleurs, et n'ai point observé depuis à *Berlin*, une *sécheresse* aussi grande que celle qui régna alors pendant plusieurs jours.

425. Dans cette première suite d'observations, je plaçois quelquefois l'*hygromètre* dans ma chambre : j'indiquerai les changemens qui en résultoient, avec les températures.

Hors de la fenêtre.			*Dans la chambre.*		
1798 *Décemb.*	*Therm.*	*Hygr.*		*Therm.*	*Hygr.*
25. 8 h. mat.	—16	» 58	10 h. mat.	+ 7	» 54
1.— soir.	—13 ½	» 38 ¾			
3.— . .	—14	» 44			
5.— . .	—14	» 49			
26. 8. ½ mat.	—13	» 31	8. — mat.	+ 5	» 28 ½
1. soir.	—10 ½	» 49			
27. 8. mat.	—13	» 50			
10. ½ soir.	—11 ½	» 59			

Jusqu'ici il y eut toujours un *brouillard* à la surface de la *Sprée*, tantôt plus, tantôt moins élevé, puis il cessa.

1798 *Décembre.*			*Therm.*	*Hygr.*		*Therm.*	*Hygr.*
28..	8. h.	mat .	— 5	» 50			
	10. —	. . . .	— 2	» 54			
	10.	soir. .	— 6	» 60			
1799. *Janvier.*							
1..	8.	mat. .	— 6	» 63			
	11.	soir. .	— 5½	75			
2.	8.	mat. .	— 2	» 83½	midi.	+ 10	» 32
8..	8.	mat. .	— 5	» 75	midi.	+ 10	» 24½
11..	8.	mat. .	— 12	» 40	midi.	+ 15	» 17
		Brouillard.					
21..	8.	mat. .	— 9	» 49	9 soir..	+ 13	» 12½

Ce sont ces degrés de *sécheresse* de ma chambre des deux derniers jours que je n'ai jamais observés nulle part ; et je ne les ai plus revus *à Berlin* même.

Je dirai ici, que le *thermomètre* employé à ces observations, étoit de M. RENARD, très-habile constructeur d'instrumens de météorologie, à *Berlin*. Ce thermomètre étoit de ceux qu'on peut plonger dans de petites masses de liquides, n'ayant que 4 ½ pouces de longueur. Sa boule, de la grosseur d'un petit pois, est isolée, et son échelle, qui va

jusqu'à l'*eau bouillante*, et assez bas au-dessous de la *congélation*, est renfermée dans un petit tube de verre, soudé à celui du thermomètre. Je n'ai point vu de construction d'instrument qui répondît mieux à son but.

426. Voici une autre suite d'observations, dans différens états de l'air, dont j'indiquerai successivement quelques particularités, en ajoutant ici, qu'il y avoit toujours un *brouillard* plus ou moins élevé sur la *Sprée*, quand le *thermomètre* étoit à — 10 ou au-dessous.

1799. *Février.*				*Therm.*	*Hygr.*
2.	7 h.	mat.	*Neige.*	— 9	» 29
6.		mat.	*Neige.*	— 9	» 54
7.	7.	mat.		— 16	» 69
8.	7.	mat.		— 15	» 55
	11.	soir.		— 13	» 55
9.	7.	mat.		— 17½	» 60
	9.	soir.		— 10	» 50
10.	7.	mat.		— 14	» 60
	9.	soir.		— 11	» 50
11.	7.	mat.		— 15	» 64
	11.	soir.		— 5	» 55
12.	7.	mat.		— 5	» 67
	11.	soir.		— 5	» 59
13.	7.	mat.		— 5	» 59
14.	7.	mat.		— 11	» 47
	4.	soir.	*Neige.*	— 5	» 64

1799. Février.			Therm.	Hygr.
15.	7. mat.		— 7	» 66
	midi. . . *Neige.*		— 1	» 67
16.	7. mat.		+ 1 ½	» 90
18.	7. mat.		— 6	» 69
19.	7. mat.		— 7	» 70
	midi. . . *Neige.*		— 2 ½	» 68
	10. soir.		+ 1	» 95
20.	7. mat. *Pluie.*		+ 5	» 81
21.	7. mat. *Petit brouillard.*		+ 5	» 90
22.	7. mat. *Pluie.*		+ 4	» 75

En comparant ces observations aux précédentes, on voit que les *températures* très-basses n'empêchent pas de grandes *différences* dans l'*humidité*.

427. Voici encore quelques observations faites dans la même année et la suivante, auxquelles j'ajouterai celles dans la chambre.

	Hors de la fenêtre.			*Dans la chambre.*		
99. Décemb.		Therm.	Hygr.		Therm.	Hygr.
28.	8 h. mat.	— 15	» 45.	7 h. mat.	+ 4	. 51
29.	8. mat.	— 17 ½	. 51 ½			
1800. Mars.						
8.	8. mat.	— 8	. 50.	7. mat.	+ 4	. 40
				11. . . .	+ 12	. 33
22.	7. mat.	— 6	. 42.	6 ½ mat.	+ 6	. 39
23.	6 ½ mat.	— 7	. 43.	6 mat.	+ 6 ½	. 38 ½

On ne voit plus ici cette grande différence de *sécheresse* de l'air de la chambre à l'air extérieur; je ne sais à quoi tenoit celle des premières observations.

428. Voilà des faits qui démontrent positivement que l'*hygromètre* n'est point affecté dans l'*air* par de l'*eau* dans l'état de *liquidité ;* car il ne peut y en avoir de telle à de si basses *températures*. Mais peut-on dire que ce soit de l'*eau* dans l'état de *liquidité* qui l'affecte, lors même que la *température* est au-dessus de la *congélation ?* Non, sans doute, car l'*eau* de la *vapeur* n'est *liquide* à aucune *température*. J'avois senti ce défaut d'expression dès la première fois que je m'occupai d'*hygrométrie*, et je le fis appercevoir dans mon Mémoire de 1773, proposant en même temps un nouveau *mot* qui auroit levé ces équivoques ; mais je ne fis point de parti, et mon *néologisme* est tombé : cependant comme il sert à éclairer les phénomènes, j'en dirai la raison, et je l'emploierai dans le reste de cette partie.

429. Nous avons une même *substance* dans la *glace*, l'*eau*, et la *vapeur aqueuse ; substance* qui ne diffère dans ces trois états, que parce qu'elle est unie à certaine quantité de *feu* dans les derniers ; et nous n'avons cependant aucun *nom* pour cette *substance*. L'*eau*

est la *glace* devenue *liquide ;* ainsi l'expression *eau liquide* est un pléonasme ; et la même expression continuée dans la *vapeur aqueuse*, cause l'embarras dont je viens de parler. Pour écarter cette équivoque, qui ne fait pas moins illusion quand cette *substance* entre dans la composition des *solides* (où l'on est surpris que l'*eau* puisse devenir *dure*), je proposai de la nommer *humor*. Alors la *glace* sera l'*humor crytallisée* seule, parce que la *température* ne lui permet pas de garder le *feu de liquéfaction*. Quand elle entre dans la composition d'autres *solides*, c'est l'*humor* tellement combinée, qu'elle ne peut recevoir le *feu de liquéfaction ;* et comme telle, elle fait une bien grande partie de la masse de tous les corps. Dans l'*eau*, l'*humor* a simplement reçu le *feu de liquéfaction ;* et dans la *vapeur aqueuse*, elle est unie au *feu* dans un état *discret* : c'est l'*humor vaporisée*.

430. On voit ainsi que l'idée de *liquidité* n'entre pour rien dans le phénomène de l'*évaporation ;* la *glace* et l'*eau* s'*évaporent* également, d'où résulte un fluide expansible, composé d'*humor* et de *feu*, qui agit sur le *manomètre* comme sur l'*hygromètre*, et c'est l'*humor* de ce fluide qui éprouve les modifications dont j'ai parlé en traitant des phé-

nomènes de la *vapeur* : là je les ai encore rapportés à l'*eau*, parce que je n'étois pas parvenu au point où je pouvois montrer l'obscurité que produisoit cette expression.

431. Nous avons donc maintenant un principe fixe en *hygrologie*. Si l'*hygromètre* éprouve l'*humidité* dans l'*air* à divers degrés, quoique par des *températures* dans lesquelles, suivant l'expression ordinaire, il n'y a point d'*eau liquide*, c'est qu'à toute *température* il est affecté par l'*humor*, qui pénètre sa substance. Mais ce principe général exige d'autres déterminations; car les modifications de *l'humor vaporisé* s'étendent plus loin que je ne l'ai expliqué jusqu'ici; et malgré ma longue étude de ce fluide, j'ai eu occasion d'en remarquer une nouvelle, durant les observations rapportées ci-dessus, dont je vais reprendre deux, en indiquant d'abord une autre circonstance.

Première observation. Le 2 février au matin, le *thermomètre* étant à — 9, il faisoit beaucoup de *neige*, que le vent poussoit contre ma fenêtre et faisoit flotter autour de l'*hygromètre*, isolé en avant; cependant on l'a vu dans la table des observations se tenir à 29, et il ne monta qu'à 30 pendant plus d'une heure que dura la *neige*.

Deuxième observation. Le 6 du même mois au matin, il *neigea* beaucoup : le vent poussoit encore la *neige* contre ma fenêtre, et l'*hygromètre* étoit dans la même situation ; cette fois il monta à 54 durant la *neige*, et s'y fixa.

Cependant la *neige* devoit s'*évaporer* dans l'air, et comme ses flocons étoient assez voisins les uns des autres, comment l'air étoit-il *sec* dans leurs intervalles la première fois, et si peu *humide* la dernière ?

432. Voilà une grande question ; mais elle appartient en entier à la *météorologie*, et je ne puis y ajouter ici que les *données* fournies par l'*hygrologie*, qui sont les suivantes. — 1°. Ce phénomène est le même que nous avons observé, M. de Saussure et moi, dans la *pluie ;* car en suspendant alors l'*hygromètre* en plein air, et le garantissant seulement des *gouttes*, quoique celles-ci s'*évaporent* sans doute durant leur chûte, l'instrument ne vient point à l'*humidité extrême*, et s'en tient souvent fort éloigné. — 2°. Ce phénomène encore est analogue à la grande *sécheresse* dans plusieurs des observations rapportées ci-dessus, quoique l'*hygromètre* ne fût qu'au second étable, et que la *Sprée* au-dessous fût couverte d'un *brouillard*, qui s'en élevoit sans

cesse, mais qui s'*évaporoit* avant que d'atteindre cette élévation. — 3°. Il est analogue encore à ce qu'on observe sur les montagnes au-dessus de la couche des *brouillards* d'automne ; couche qui couvre quelquefois les plaines et s'étend dans toutes les vallées pendant plusieurs semaines ; elle ne cesse pas de se former, mais elle s'*évapore* à une certaine hauteur, au-dessus de laquelle, à très-près, l'air est néanmoins fort *sec*. — 4°. C'est ce qu'on observe aussi entre les *nuages*, dans les couches d'air où ils se forment. — Enfin, c'est le grand problême *météorologique* qui a rendu l'*hygrologie* si importante pour le bien déterminer ; car on ne croyoit l'expliquer, que parce qu'on ne le connoissoit pas. Mais voici les détails de ces expériences, qui présentent de nouveaux objets dans l'*hygrologie*.

433. Tandis qu'il *neigeoit* le 2 février 1799, et mon *hygromètre* n'étant qu'à 30 en plein air parmi la *neige* tombante, je voulus savoir à quel point il viendroit en l'environnant de *neige* dans un vase.

Première expérience. Je mis l'*hygromètre* et le *thermomètre* dans un grand verre, et je laissai tomber légèrement dans celui-ci, la *neige* cotonneuse qui étoit sur ma fenêtre,

ensévelissant le premier jusqu'à niveau du cadran, et je le laissai sur la fenêtre. Au bout de deux heures, la température étant — 8, l'*hygromètre* n'étoit monté qu'à 40.

Voici comment je m'expliquai une si petite augmentation d'*humidité*, au sein de cette *neige* renfermée dans un vase. La formation de la *neige*, comme celle de la *glace*, est la crystallisation de l'*humor*; ce qui emporte que ses particules s'unissent par certaines faces pour adhérer entre elles; ainsi le *feu* trouve plus de résistance à les diviser, et l'*évaporation* est beaucoup plus lente. Dans l'expérience de M. DE SAUSSURE, sous une cloche, son *hygromètre* très-sensible ne marcha que de 4 degrés dans les 24 premières minutes, de 18 dans une heure, et de 49, 5 au bout de 3 heures. Cette *vapeur* se formant donc si lentement, avoit le temps de s'échapper par les interstices de ma *neige*, avant qu'elle pût s'y accumuler.

434. Je n'osois pas presser la *neige* dans le verre pour laisser moins de jeu à la *vapeur*, parce que j'aurois pu rompre la mince bandelette de baleine de l'*hygromètre*; mais voici ce que je fis.

Deuxième expérience. Je pressai séparément une couche de *neige*, que j'étendis sur

la couche légère dans le verre. Alors l'*hygromètre* commença de se mouvoir moins lentement, et au bout d'une heure il parut fixé à 75, la *température* étoit — 7.

435. Les choses étoient en cet état, lorsque M. ZYLIUS et M. HERMAN vinrent me voir : je fis observer au premier ce que je lui avois d'abord prouvé par l'expérience de M. DE SAUSSURE, que l'idée de *liquidité* n'entroit pour rien d'essentiel dans les phénomènes *hygroscopiques*, puisqu'ils avoient lieu ici à la *température*—7, ce dont il convint; et comme j'attribuois encore la grande distance de l'*hygromètre* au point 100, à ce que la *vapeur* s'échappoit à quelque degré au travers de la *neige* tapie, M. HERMAN me suggéra de couvrir le verre d'une cloche, pour retenir la *vapeur*, ce que j'exécutai aussitôt.

Troisième expérience. Je mis le verre dans un bassin plein de *neige*, et je renversai sur lui une cloche, qui l'embrassoit, et s'enfonçoit dans la *neige*. Ce changement ne produisit que bien peu d'effet; car l'*hygromètre* ne marcha que de 3 degrés, et se fixa à 78, où il avoit déjà été plusieurs heures quand je me couchai, la *température* étant encore — 7. Il y avoit dans la cloche, du côté de l'air libre, un peu de *gelée blanche*.

Suite de cette expérience.

Le 3. 7 h. $\frac{1}{2}$ m. . . *Therm.* — 4 . *Hygr.* 90

La *gelée blanche* avoit augmenté dans la cloche.

	2 » soir.	— 1 $\frac{1}{2}$	»	97
	9	— 2	»	97
4.	7 $\frac{1}{2}$ m.	— 2	»	97
	5 . soir.	0	»	98
5.	7 $\frac{1}{2}$ m.	— 4	»	92

La *gelée blanche* s'étoit étendue et épaissie.

Je mis alors tout l'appareil dans ma chambre, dont la température étoit + 12. L'*hygromètre* marcha lentement jusqu'à 97, où il resta fixe plusieurs heures. La *neige* légère s'étoit liquéfiée, et n'occupoit que le fond du verre, de sorte que la *baleine* n'étoit pas mouillée; mais les parois de la cloche étoient couvertes d'*eau;* et cependant l'*humidité extrême* ne régnoit pas dans le centre de l'espace renfermé, parce que la *température* étoit déjà assez élevée dans l'appareil; phénomène dont j'ai déjà fait mention au §. 374, et auquel je reviendrai bientôt plus particulièrement. Je plongeai l'hygromètre dans l'*eau* et il vint à 100.

436. Le phénomène manifesté par ces expériences fut nouveau pour moi. J'avois bien remarqué dans l'expérience de M. DE SAUSSURE, que son *hygromètre* n'étoit arrivé qu'à 86,7, mais je l'attribuois à ce que la lenteur du progrès lui avoit fait terminer l'expérience avant que l'*hygromètre* se fût fixé; parce qu'il la faisoit en plein air, et qu'il étoit 3 h. du matin : je crois bien en effet que l'*hygromètre* auroit continué de monter, la température n'étant que — 2,7. Ainsi n'attribuant qu'au manque de temps, vu la formation lente de la *vapeur* de la *glace*, le point où l'expérience avoit fini, je ne m'attendois point à une limite de l'*humidité* occasionnée par les *températures au-dessous* de la *congélation*, comme je l'avois observée *au-dessus* : et il ne peut pas y avoir d'illusion produite par la lenteur de l'*évaporation*, puisque l'*humidité* ayant été à 90 le 3, par la *température* — 4; et le 4 au soir à 98, par la *température* o, l'*hygromètre* étoit rétrogradé à 92 le 5 au matin, parce que la *température* étoit rétrogradée à — 4.

437. Il ne me paroît pas probable que cette diminution de l'*humidité* au *maximum* de l'*évaporation*, à mesure que la *température* est plus *au-dessous* de o, dépende, comme il

il arrive *au-dessus* de ce point, de ce que la *vapeur* à son *maximum* ne peut pas fournir au corps *hygroscopique* le *maximum* d'*humor;* je crois plutôt que cela procède de deux autres causes, dont une est, la *contraction* du corps par la diminution de la *chaleur*. L'*humidité* étoit ordinairement plus grande dans l'air extérieur que dans ma chambre; or si, lorsque j'y plaçois l'*hygromètre*, sa température étoit à — 8 et au-dessous, le premier mouvement de l'*hygromètre* étoit produit par une *contraction* qui le faisoit mouvoir jusqu'à 2 degrés comme vers la *sécheresse*, avant qu'il marchât vers plus d'*humidité*. Probablement encore, quand le corps *hygroscopique* a enlevé l'*humor* au *feu de vaporisation*, elle a moins de tendance à se propager dans ses pores, quand elle ne peut y retenir le *feu de liquéfaction*, et d'autant moins, qu'il y a moins de *feu libre*.

438. Le phénomène, en apparence analogue, mais plus régulier, qu'on observe au-dessus de la *congélation*, savoir, la diminution de l'*humidité* au *maximum* de la *vapeur*, à mesure que la *température* s'élève, et dont j'ai donné un exemple au §. 374, vient d'une tout autre cause; il tient à la marche des effets *hygroscopiques*, et nous en fournit une

analyse plus profonde. J'apperçus ce phénomène dès mes premières expériences, et j'en fis mention dans mon Mémoire de 1773, mais je n'ai pu le suivre régulièrement que depuis que j'ai eu des hygroscopes plus sensibles, formés de minces bandelettes de diverses substances, auxquelles, lorsqu'elles sont coupées à travers les *fibres*, ce phénomène est commun : je dirai dans la suite pourquoi, lorsqu'elles sont employées suivant la longueur des fibres, comme par exemple un *cheveu*, elles trompent sur ce point. Voici le phénomène. Dans un espace clos, où il y a suffisamment d'*eau* pour produire le *maximum* de l'*évaporation* à toute *température*, les *corps hygroscopiques* n'atteignent leur *maximum* d'*expansion*, ou l'*humidité extrême*, que lorsque la *température* est près de la *congélation ;* et même il est très-difficile de l'obtenir, car il faut pour cela une égalité peu commune dans la *température* de toutes les parties de l'appareil. J'aurai occasion de montrer dans la suite les effets des différences. Au-dessus de ce point, quoique le *maximum* d'*évaporation* continue, et que la *vapeur* devienne *dense* de plus en plus à mesure que la *température* s'élève, les *hygroscopes* rétrogradent de plus en plus vers la *sécheresse*,

jusques dans la *vapeur* de l'*eau bouillante* (§. 265).

439. Ce phénomène est intéressant, en ce qu'il est un nouvel exemple des cas où les *effets* des mêmes *causes* ne sont pas proportionnels entre eux, quand elles agissent sur des substances différentes, ou sur les mêmes substances différemment associées. C'est le *feu* qui est l'agent dans ces phénomènes, et l'*eau* est la substance sur laquelle il agit, mais elle y est en différens états. C'est le *feu* d'abord, qui, à mesure que sa quantité augmente dans un espace, permet à la *vapeur* d'y demeurer plus *dense*, en rétablissant plus fréquemment les particules qui se détruisent mutuellement dans leurs rencontres ; et déjà ici, il suit une loi *croissante* à mesure qu'il est plus abondant, puisque le *maximum* de la *vapeur* est plus grand, à mesure que la *température* est plus élevée. D'un autre côté, c'est aussi le *feu* qui enlève constamment au corps *hygroscopique*, l'*eau* qu'il reçoit des particules de la *vapeur* qui viennent le frapper; ce qui produit l'*équilibre hygroscopique* : mais nous voyons dans les expériences dont je parle, que cet effet du *feu* plus abondant, pour enlever de l'*eau* au corps *hygroscopique*, s'accroît à mesure qu'il permet à

la *vapeur* de devenir plus *dense ;* de sorte que l'*équilibre* s'établit avec moins d'*eau* dans ce corps, quoique la *vapeur* devenant plus *dense* au *maximum*, on fût porté à croire qu'il devroit en recevoir d'autant plus aisément.

440. Ces expériences m'ont occupé fort long-temps, parce qu'elles conduisoient à mieux connoître, tant la *vapeur* elle-même, que ses rapports avec l'*humidité ;* à quoi vint se joindre une controverse qui s'éleva sur ce sujet entre M. DE SAUSSURE et moi, occasionnée par son hygromètre à *cheveu*. L'objet de cette controverse appartenant à l'*hygrométrie*, je le renvoie à la partie où je traiterai de celle-ci ; mais le fait concerne l'*hygrologie ;* et seulement cette controverse m'a conduit à l'étudier plus profondément. Je faisois ces expériences sous une cloche de verre, renversée dans un bassin dont le fond étoit couvert d'*eau*, et j'observois des différences sensibles dans les points où se fixoient les *hygromètres* par les mêmes *températures*, suivant que les parois de la cloche étoient mouillées, ou sèches ; quoique, même en les mouillant, les instrumens n'arrivassent jamais à leur point d'*humidité extrême* quand la *température* étoit élevée. Mais j'étois sur-

pris que la circonstance de *mouiller* les parois produisît quelque différence à cet égard; parce que regardant alors comme identique le *maximum de la vapeur* et l'*humidité extrême*, il me sembloit qu'il devoit suffire pour obtenir la dernière, qu'il y eût assez d'*eau* dans l'espace pour produire le premier, quelle que fût la *température*.

441. Je réfléchissois depuis long-temps sur ce phénomène, sans en trouver la cause dans la nature de la *vapeur*, lorsque je vins à fixer mon attention sur un autre phénomène que j'avois déjà apperçu quelquefois sans y réfléchir. C'est qu'à quelque *température* que ce fût, et soit que la cloche fût *mouillée* ou non, quand l'air extérieur se réfroidissoit, il paroissoit dans la partie inférieure de la cloche une zône ternie par un dépôt d'eau, qui s'élevoit d'un à deux pouces. Cette observation se lia alors dans mon esprit avec la plus grande lenteur de l'*évaporation* quand l'air est tranquille, dont, au §. 316, j'ai assigné la cause à ce que la *vapeur* séjournant plus long-temps à la surface de l'*eau*, y devenoit plus *dense* que la *température* ne pouvoit le permettre; de sorte qu'il s'en décomposoit continuellement beaucoup de particules, dont l'*eau* retournoit à la masse. Je

conclus de-là, que dans un air stagnant tel que celui de ma cloche, où la *vapeur* pouvoit se produire au *maximum*, elle étoit toujours prête à le dépasser au moindre *réfroidissement* dans le voisinage de l'*eau* qui s'évaporoit; et je pensai, que si l'on pouvoit renfermer l'*hygromètre* dans un espace dont les parois, toujours *mouillées*, n'en fussent distantes que d'un à deux pouces, il se tiendroit à son point d'*humidité extrême* par toute *température*. Voici comment je soumis cette conjecture à l'expérience.

442. Je fis une cage cylindrique de fil d'archal de $3\frac{1}{2}$ pouces de diamêtre, et d'une hauteur telle, qu'en embrassant le support auquel l'*hygromètre* étoit suspendu avec un *thermomètre*, elle plongeât dans l'eau du bassin. Je fixai au sommet de cette cage une coupe de fer-blanc destinée à contenir de l'*eau*, et je couvris la cage d'une épaisse toile de coton, dont plusieurs languettes se replioient dans la coupe, pour y pomper l'*eau* durant les expériences. Cette toile avoit deux ouvertures, l'une vis-à-vis de l'*index* de l'*hygromètre*, et l'autre au point convenable pour observer le *thermomètre*, par laquelle aussi je pouvois voir une partie de la bandelette du premier instrument.

443. Quand je voulois faire l'expérience, j'imbibois d'*eau* la toile de coton, et j'en remplissois la coupe du sommet, puis je renfermois l'appareil sous la cloche. La toile pompant l'eau du réservoir dans le haut, à mesure que celle qu'elle contenoit déjà s'écouloit dans le bassin, elle restoit baignée d'*eau* assez long-temps pour les expériences. Alors, même en été, tous les *hygromètres* que je plaçois dans cette cage sous la cloche, y atteignoient le point fixé dans l'*eau* elle-même, sans *superflu*, tant que la *température* étoit fixe, ou qu'elle alloit plutôt en haussant; mais si elle venoit à baisser un peu rapidement, de sorte que la décomposition des particules de la *vapeur* s'étendît jusques à l'axe de la cage, je voyois des gouttelettes d'*eau* se former sur la bandelette, sans *brouillard;* ce qui est un cas de la *rosée* dont je parlerai dans un moment. On comprend bien, d'après tout ce que j'ai exposé jusqu'ici, que cette *stagnation* de la *vapeur* auprès de la surface qui s'*évapore*, n'est pas celle des particules elles-mêmes, car elles sont toujours *en mouvement;* il s'agit d'une certaine *masse*, qui se renouvelle toujours dans l'espace où les particules n'ont pas acquis toute leur

vîtesse ; et c'est par cette cause que la substance de l'*hygromètre* peut toujours y recevoir de l'*eau* au *maximum* de sa capacité : mais au-delà de cet espace, à mesure que la *température* s'élève, l'*eau* s'éloigne de plus en plus de son *maximun* dans la substance hygroscopique, quoique la *vapeur* augmente toujours plus en densité ; parce que l'*évaporation* de la première devient proportionnellement plus grande, comme on le voit par l'expérience.

444. Tout ce qui précède ne concerne encore que la *vapeur* mêlée à l'*air*, et j'ai maintenant à montrer, qu'il n'est aucune de ses modifications, telles que je les ai exposées jusqu'ici, qui ne soient absolument les mêmes dans le *vide*. Je fus favorisé pour ces expériences, de l'assistance de M. HAAS, très-habile artiste de Londres, et d'une de ses excellentes pompes pneumatiques déjà bien connues. Cette pompe étoit munie de deux *manomètres ;* l'un que je nommerai *long*, étoit un tube de baromètre ouvert par les deux bouts, dont l'inférieur plongeoit dans une cuvette contenant du mercure, et le supérieur communiquoit avec l'intérieur du récipient. L'autre *manomètre*, que je nommerai

court, étoit le petit syphon renversé ordinaire, fait d'un tube d'égal diamètre, dont une des branches, qui est scellée, est remplie de mercure qu'on y fait bouillir, et qui remonte de plus en plus dans l'autre branche, quand l'air est assez raréfié pour ne pouvoir plus le soutenir en entier dans celle-là. Dans les expériences suivantes (déjà publiées dans les *Trans. phil.* de la Soc. roy. de Londres pour 1792), je ne donnerai les indications du *manomètre court* qu'aux approches de la plus grande raréfaction.

445. Le récipient de la première suite d'expériences, avoit environ 8 pouces de diamètre, et 12 de hauteur du *pied anglois*, qui étoit aussi la mesure des *manomètres*. Le *thermomètre*, de l'échelle de *Fahrenheit*, étoit très-sensible, et ses degrés étant actuellement divisés en 10 parties, on pouvoit en observer des 100es. Un de mes *hygromètres*, fait d'une mince bandelette de *baleine* coupée en travers, étoit suspendu au milieu du récipient, et l'on étendoit un linge mouillé sur la platine, pour produire le *maximum* d'*évaporation* durant toute l'expérience.

446. Pour juger de la raréfaction de l'*air* lui-même dans ces expériences, il faut se

rappeler celles de M. NAIRNE décrites ci-dessus, §. 378, faites pour comparer le *manomètre* ordinaire avec celui de M. SMEATON; expériences par lesquelles il a été démontré, que lorsqu'il y a de l'*eau* en *évaporation* dans le récipient, et qu'on a beaucoup travaillé une bonne pompe, le *vide* d'*air* est sensiblement complet, et que le *fluide expansible* qui presse sur le *manomètre* n'est que la *vapeur.*

447. Après que j'aurai désigné dans la première expérience, ce qu'indiquent les *nombres* à chaque place dans une même ligne, en y ajoutant des *numéros*, je ne répéterai plus que ceux-ci dans les expériences suivantes.

Première suite d'expériences.

Les instrumens furent renfermés sous le récipient un soir, avec le *linge mouillé* sur la platine; l'appareil demeura dans cet état pendant la nuit, et le lendemain, sans y rien changer, on fit l'observation suivante.

	I.	II.	III.	IV.
	Man. long.	*Man. court.*	*Hygr.*	*Therm.*
7 h. 5' mat.	o . o. .	— —	96,5 .	47,75

Le *maximum* d'*évaporation* étoit sûrement

produit, et cependant l'*hygromètre* étoit de 5°,5 en arrière du point 100; mais la *température* étoit de 15,75 au-dessus de la *glace fondante*; c'est donc un exemple du phénomène que je viens de détailler.

On fit alors agir la pompe avec rapidité, et l'on observa immédiatement après.

	I.	II.	III.	IV.
7 h. 15′	26.0. . . .	—	97. . . .	44,75

Je reviendrai à cet abaissement du *thermomètre*, et je me bornerai d'abord à faire remarquer, que malgré l'action de la pompe, la quantité de la *vapeur* n'avoit pas diminué, puisque l'*hygromètre* avoit monté au contraire de 0,5.

La pompe fut de nouveau travaillée rapidement, et ensuite on observa :

	I.	II.	III.	IV.
7 h. 25′. . . .	28,7. . . .	—	96,5 .	47,75

448. Nous avons maintenant tout ce qui est nécessaire pour vérifier ce que j'ai dit au §. 150, de l'action de la pompe sur le *feu* lui-même, parce qu'il y a ici deux cas à comparer. Dans le premier, la pompe ayant

de l'*air* à extraire, entraînoit du *feu* en même temps que l'*air*, celui même qui, par son action, le *dilatoit*, et qui ne pouvoit pas s'échapper entièrement, à cause de la rapidité de l'évacuation ; voilà donc ce qui fit baisser de 3 degrés le *thermomètre* très-sensible. Mais ce *feu* fut remplacé pendant l'intervalle des deux opérations, et dans la dernière, la pompe n'ayant plus d'action que sur un fluide très-rare, savoir la *vapeur*, elle n'eut plus de prise sensible sur le *feu*; de sorte que la *température*, retournée au point où elle étoit au commencement de l'expérience, y demeura.

449. Quant à la *vapeur*, on voit qu'elle étoit rapidement produite, et que le *réfroidissement* momentané lui fit produire $\frac{1}{2}$ degré de plus d'*humidité* dans l'*hygromètre*. Cependant on comprend bien qu'il faut un certain *temps* pour que l'effet de chaque coup de pompe soit remplacé; mais l'*hygromètre* n'est pas un instrument assez sensible pour indiquer ces *alternatives*; il lui arrive comme aux *thermomètres* à grosse boule, qui paroissent sensiblement stationnaires dans l'*eau bouillante*, quoique ceux à petite boule y éprouvent d'assez grandes oscillations (§. 300.).

450. De petits mouvemens observés dans les *manomètres* dans l'intervalle des expériences, indiquoient que le *linge mouillé*, beaucoup trop grand pour le besoin, fournissoit un peu d'*air;* de sorte que dans les expériences suivantes par l'augmentation de la *chaleur*, on travailla beaucoup la pompe à chaque fois qu'on voulut observer, et l'on fit les observations suivantes.

	I.	II.	III.	IV.
10 h. 10'.	28,7.	0.53. .	94.5. .	48,8
11. 35'.	28,7.	0.53. .	91.0. .	51.
2. 50'. soir.	28,72.	0.60. .	86.5. .	54.15

On ne sauroit prévenir quelques anomalies dans ces expériences, telles que celles qu'on voit dans la dernière entre les deux *manomètres* et dans la marche de l'*humidité;* cependant elles n'empêchent pas qu'on ne voie clairement ici, où, d'après les expériences de M. NAIRNE, la quantité de l'*air* étoit sensiblement nulle, que malgré l'augmentation de la quantité de la *vapeur* indiquée par le *manomètre court* quand la *chaleur* augmentoit, l'*humidité* alloit au contraire en *diminuant;* ce qui est le même phénomène dont

il a été question ci-dessus comme ayant lieu dans l'*air*.

451. Après ces observations nous quittâmes la chambre, et soit par l'heure du jour, soit par notre absence, la *température* baissa; de sorte qu'en y revenant, nous trouvâmes l'intérieur du récipient tellement couvert d'eau, qu'on ne pouvoit y observer que l'*hygromètre*. Le *manomètre long* étoit un peu descendu, par de l'*air* qui s'étoit encore dégagé du linge; on travailla la pompe à deux fois, et l'on observa.

	I.	II.	III.	IV.
4h. 20′ soir. . .	27,35. . .	— . .	76 . 0	—
4. 35′	27,75. . .	— . .	76 . 0	

Voilà encore un phénomène qu'on observe dans les vases pleins d'*air*, et qui rend les expériences très-difficiles, quand la *vapeur* est à quelqu'un de ses *maxima;* c'est que lorsqu'il survient du *réfroidissement*, comme il procéde toujours de l'extérieur, les parois du vase étant plutôt réfroidies que l'espace, il s'y dépose de l'*eau*, ce qui diminue la quantité de la *vapeur* dans l'espace; et dès ce moment, jusqu'à ce qu'une *température* parfaitement égale se rétablisse, toutes les

observations sont irrégulières : il se faisoit une vraie *distillation* dans le récipient ; il couloit des gouttes d'eau sur les parois, et cependant l'*hygromètre* ne se tenoit qu'à 76°. dans l'*espace*.

452. Nous demeurâmes dans la chambre, peu grande, ce qui la réchauffa, et fit ainsi dissiper l'eau sur quelques parties des parois du récipient ; de sorte que nous pûmes observer le *manomètre court* et le *thermomètre*, et qu'en même temps la quantité de la *vapeur* dans l'espace devint plus proportionnelle à la température. Mais l'*eau* qui s'*évaporoit* des parois du récipient encore mouillées, étant plus voisine de l'*hygromètre*, l'anomalie fut inverse ; ce cas se rapprochant de l'expérience dans l'*air* avec la cage de coton mouillé. On travailla la pompe, et l'on observa.

	I.	II.	III.	IV.
6 h. 47′. . .	28.18. .	0,6. . .	96. . .	52,75

Voilà ce rapprochement du phénomène décrit *dans l'air* au §. 443. Les parois du vase produisoient une quantité de *vapeur* d'autant plus grande, que l'augmentation de la *chaleur* commençoit par elles, et cette vapeur étoit plus voisine de l'hygromètre ;

or voici ce qui nous montre que l'*humidité* augmentoit par-là. Le terme moyen des *températures* dans les observations de 11 h. 35′ du matin et de 2, 50′ du soir étoit 52,58, bien près de la *température* de la dernière observation ; mais le terme moyen de l'*hygromètre* n'étoit que 88,52, au lieu que nous l'avons ici à 96.

453. L'appareil fut laissé dans cet état, jusqu'au lendemain matin ; ce qui donna le temps à la *température* d'y devenir uniforme. Quand nous entrâmes dans la chambre, il n'y avoit que peu d'*eau* déposée sur les parois du récipient, qui se dissipa bientôt par l'augmentation de la *chaleur ;* alors on travailla beaucoup la pompe, parce que le *manomètre long* avoit un peu baissé, puis on observa :

	I.	II.	III.	IV.
7. h. 35′ mat.	29,12. .	0.6.	97,66. .	44,75

Le jour précédent, à 7 h. 5 m. du matin, avant que de pomper l'*air*, l'*hygromètre* étoit à 96,5, et le *thermomètre* à 47,75, et l'on voit que le premier haussa de 0,5 dans l'observation suivante, parce que le *thermomètre* baissa à 44,75 ; de sorte qu'il y a une conformité presque entière entre ces deux observations,

observations, dans l'une desquelles la *vapeur* étoit mêlée à l'*air*, et dans l'autre sensiblement pure ; ce qui prouve que l'*évaporation*, ainsi que toutes les modifications de la *vapeur*, quoiqu'elles aient lieu dans l'*air*, en sont absolument indépendantes.

454. Je répétai ces expériences pour plusieurs raisons : la première, pour n'y employer qu'un fort petit linge mouillé, sachant qu'il seroit suffisant pour fournir toute la *vapeur* nécessaire, en même temps qu'il seroit bientôt privé de tout *air*. Je voulois aussi ne pomper l'*air* que par degrés, et observer à chaque fois, afin de savoir s'il résulteroit quelque différence perceptible sur l'*hygromètre*, des divers degrés de densité de l'*air*. Enfin je voulois employer un plus petit récipient, pour juger si le rapprochement des parois produiroit, comme dans l'*air*, une augmentation d'*humidité* au *maximum*, dans les mêmes *températures*. Le récipient que j'employai cette fois n'avoit que 6 pouces de diamètre, et 8 de hauteur.

Seconde suite d'expériences.

Il étoit quatre heures après midi, lorsque

les instrumens furent enfermés sous le récipient, avec le petit linge mouillé; on laissa quelque temps l'appareil en cet état, et avant que de pomper l'*air*, on observa :

	I.	II.	III.	IV.
8 h.	0.0.	— . .	95	» 65,75

On voit ici l'*hygromètre* éloigné de 5 degrés de l'*humidité extrême*, parce que la *température* étoit élevée; mais si l'on compare cette observation avec la première de l'autre suite, où l'*air* étoit aussi dans le récipient, mais la *température* seulement 47,75, soit 18 degrés plus bas, on verra que 95 de l'*hygromètre* est proportionnellement plus, que 96,5 dans cette expérience; ce qui vient des parois rapprochées, et qui se soutient dans les expériences suivantes.

455. On pompa ensuite l'*air* par parties successives, laissant tout le temps nécessaire à l'*hygromètre* pour se conformer à la *température*, qui alloit un peu en haussant; voici les observations.

	I.	II.	III.	IV.
8 h. 15'. . .	6.5. . . .	— . .	94.	65,75
30. . . .	13.0. . . .	— . .	91.	66,75
45. . . .	19.0. . . .	— . .	86.5.	67.
9. 15. . . .	25.0. . . .	— . .	86.0.	67,75
30. . . .	29.3. . . .	0,65. .	85.0.	67.

On ne voit dans cette marche de l'*hygromètre*, que sa rétrogradation à mesure que la *chaleur* augmentoit, quoique l'*évaporation* fût toujours au *maximum*. Il y a quelques anomalies dans les proportions, mais cela est inévitable, vu la nature des agens et de la substance hygroscopique, et les anomalies augmentent dans les vases plus petits; mais rien d'ailleurs n'indique que les quantités d'*air* y influent.

456. Voulant m'assurer si le *vide* étoit aussi parfait qu'il fût possible; c'est-à-dire, si le petit linge ne donnoit plus d'*air*, et si le récipient n'en recevoit point du dehors, je fis de nouveau travailler la pompe, et fis encore les observations suivantes le même jour :

	I.	II.	III.	IV.
10 h. soir. .	29.23. .	0.65. .	89.0 .	66,5
11.	29.23. .	0.65. .	95.0 .	64,5

La pompe fut laissée dans le même état

jusqu'au lendemain matin, où l'on fit d'abord l'observation suivante :

	I.	II.	III.	IV.
6 h. 20'. mat.	29.35. .	0.55. .	97.5	63,15

C'est-là une preuve, et de la perfection de la pompe, et de ce que le linge n'avoit point fourni d'*air;* et comme la *vapeur* restoit déjà presque seule, la *température* ayant baissé, l'*évaporation* au *maximum* ne pressoit pas autant sur les *manomètres*, en même temps qu'elle produisoit plus d'*humidité* dans l'*hygromètre;* ce qui est exactement les mêmes modifications qu'on observe, quand la *vapeur* est mêlée à l'*air*.

457. Voulant produire alors le *vide* d'*air* le plus parfait qui fût possible, je fis travailler la pompe pendant un quart d'heure, afin de rechercher les dernières particules d'*air*, et de les entraîner avec celles de la *vapeur* sans cesse produite ; alors on fit cette dernière observation.

	I.	II.	III.	IV.
6 h. 40'. mat.	29,40. .	0.50. .	96,5 .	63.15

Voilà, je crois, le *vide d'air* le plus parfait qu'il soit possible ; il égaloit sûrement

celui où M. NAIRNE n'en trouva qu'une 4000e. partie. Or si l'on compare cette observation avec la première de cette suite, dans laquelle, le récipient étant *plein d'air, l'hygromètre* étoit à 95, par la *température* 64,5, on verra qu'elle n'en diffère absolument que par la *température*. Enfin, nous avons encore une vérification bien intéressante de ce résultat, par l'une des expériences de M. DE SAUSSURE. On trouve au §. 126 de son ouvrage, la conclusion suivante : Que la *température* étant à + 15 de mon échelle, l'*évaporation* au *maximum* dans son vase, y fit monter le *manomètre barométrique* de 0,5 pouces de France au-dessus du point où le tenoit l'*air*, ce qui fait 0,53 pouces anglois par 66 de *Fahreinheit*. Or si, par cette expérience dans le *vide*, je n'eus qu'une *pression* de 0.50 sur le *mamomètre*, c'est parce que le *thermomètre* ne fut qu'à 63.15 ; ce qui s'accorde aussi parfaitement qu'on puisse l'attendre. Il ne sauroit donc rester aucun doute sur cette proposition : que tous les phénomènes ordinaires de l'*évaporation* et de la *vapeur*, quoiqu'ils se passent dans l'*air*, en sont absolument indépendans, pour toute autre chose que parce que l'*air* du lieu garantit la *vapeur* de la *pression* de l'atmosphère, dont elle ne soutient que la

partie aliquote. Ainsi, quand le baromètre est à 28 pouces, et que la *vapeur* s'y trouve mêlée au *maximum* par la *température* + 15, l'*air* soutient $\frac{55}{56}$ de la *pression*, et la *vapeur* $\frac{1}{56}$ seulement. Ce qui démontre l'explication que je donnai en 1781, à MM. LAVOISIER et DE LA PLACE, d'après la théorie de la *vapeur* seulement, du phénomène qu'ils avoient observé au sommet d'un *baromètre*, §. 281 et suivans.

458. Après ce que j'ai exposé jusqu'ici, je crois pouvoir dire avec certitude, que de tous les *fluides expansibles*, la *vapeur aqueuse* est le mieux connu, et qu'il l'est même profondément. J'ai été obligé de combattre plusieurs erreurs accréditées, résultantes de ce qu'on n'avoit pas suivi avec assez d'attention les phénomènes de l'*évaporation* et de son *produit*; et c'est, je le répète, parce qu'on les croyoit plus simples et plus faciles à déterminer qu'ils ne le sont en effet. C'est ainsi qu'on s'étoit contenté d'hypothèses vagues, qui, lorsqu'elles ne sont pas destinées à suggérer des recherches, les empêchent au contraire, en les faisant regarder comme inutiles. Mais si l'on eût examiné attentivement ces phénomènes, plusieurs questions précises se seroient présentées sur le chemin; et cher-

chant alors à les résoudre, on les auroit vu embrasser beaucoup d'autres phénomènes, tant généraux que particuliers, qui devoient s'éclaircir en même temps que ceux-là, comme liés aux mêmes causes; ce qui est le seul moyen d'avancer sûrement dans la connoissance de la nature.

459. Je crois en particulier qu'il est résulté de ces recherches, une idée précise de l'*humidité*, considérée sur-tout dans les *corps organiques* des deux règnes qui indiquent les degrés par leur *expansion*. Mais il étoit nécessaire pour cela de faire une étude suivie des modifications de ces substances, afin que leur langage *hygroscopique* fût intelligible; ce qui a conduit à des considérations physiologiques fort importantes à l'égard de ce qui concerne ces substances elles-mêmes : je n'en ai rapporté que ce qui étoit nécessaire à l'*hygrologie ;* mais l'*hygrométrie* me donnera lieu d'en montrer d'autres circonstances. C'eût été peu cependant pour la physique, si l'on n'eût étudié les *expansions* de ces corps par l'*humidité*, qu'en vue de leurs propres modifications. Ces expériences ont d'abord à mes yeux un grand usage indirect ; celui d'écarter de plus en plus l'idée que les hommes

puissent jamais comprendre en quoi consiste l'*organisation* dans les *végétaux* et les *animaux*, et de prévenir ainsi qu'on en débite des fables ; c'est à quoi je reviendrai. Quant à leur usage direct, il est très-grand, parce qu'il nous conduit à pouvoir déterminer dans tous les cas la *densité* de la *vapeur aqueuse*, soit la *quantité* dans un espace donné, ce qui importoit à la *météorologie*, et ainsi à toute la physique terrestre. C'est en effet à ce point que nous conduirons les expériences précédentes, par une route que je commencerai d'esquisser dans cette partie ; mais je dois auparavant reprendre la *vapeur* à ses différens *maxima*, pour considérer ce qui lui arrive en des cas différens, lorsqu'elle les dépasse.

460. Je ne m'arrêterai pas ici au *maximum* avec *excès* dans un espace clos, dont j'ai traité au §. 358 ; il ne s'agira que de celui qui se produit sans *pression* dans l'*air* comme dans le *vide ;* et même ayant montré maintenant que toutes les modifications de la *vapeur* sont semblables dans les deux cas, je ne la considérerai plus que dans l'*air*, parce que c'est ce qui importe à la *météorologie.*

461. Le *maximum* de la *vapeur* ne suppose encore aucune *précipitation ;* il y a même

un *maximum* que je nommerai *premier*, résultant de l'*évaporation* libre dans un espace qui contient assez d'*eau*, et qui a lieu aussi dans l'atmosphère, lequel ne se trouve la dernière *limite* de la *densité* de la *vapeur*, que lorsque la *température* est aux environs de la *congélation;* car il s'éloigne de plus en plus de cette *limite*, que je nommerai *second maximum*, à mesure que la *température* s'élève; et alors, comme on l'a vu par les expériences précédentes, le *premier maximum* ne produit pas celui de l'*humidité* dans les corps hygroscopiques. Mais lorsque le *premier maximum* existe dans un espace, s'il y survient du *refroidissement*, le *second maximum*, celui qui précède immédiatement une *précipitation d'eau*, se trouve produit sans changement dans la *densité* de la *vapeur;* et alors l'*hygromètre* vient à son point d'*humidité extrême*, ce qui a lieu jusqu'à la *vapeur* de l'*eau bouillante*, dans laquelle j'ai dit, que cependant, à son *premier maximum*, l'*hygromètre* est fort loin de ce point.

462. Voici donc la marche des *maxima* de la *vapeur aqueuse*. Le *premier maximum* ne coïncide avec le *second* tel que je viens de le définir, que dans leur moindre grandeur absolue, avant la *congélation* de l'eau.

Au-dessus de ce point, et à mesure que, par l'augmentation de la *chaleur*, le *premier maximum* devient une quantité plus grande, le *second* s'en éloigne de plus en plus; mais ce n'est toujours que par la production de ce dernier, soit par *refroidissement* dans les cas ordinaires, soit par l'accès de nouvelle *vapeur* dans le même espace, qu'elle produit l'*humidité extrême;* et la *précipitation* commence à avoir lieu dès que la *vapeur* dépasse ce terme, toujours comparativement à la *température* actuelle. Voyons maintenant les symptômes ou effets de cette *précipitation* en divers cas.

463. Il y a d'abord une *précipitation* très-lente, qui ne trouble pas la *transparence* de l'*air*, à cause de l'extrême petitesse des molécules de l'*humor* produite par la réunion de ses particules, qui abandonnent à demeure le *feu* de la *vapeur*, quand la quantité du *feu* libre n'est pas suffisante pour les faire toutes *évaporer* de nouveau : c'est-là ce que M. DE SAUSSURE nommoit *vapeur concrète*. On en a vu un exemple au §. 443, dans l'expérience avec la cage de coton mouillé, et c'est ce qui arrive quelquefois dans l'air libre, outre le cas de la *rosée*, auquel je me bornerai. On apperçoit que la *rosée*

se prépare, en ce que les *plantes*, le *verre* et quelques autres corps sont graduellement *mouillés*; ce qui commence long-temps avant le *second maximum*, comme on le voit par l'*hygromètre*. Quand ce *maximum* est arrivé, l'*hygromètre* est à 100; et lorsqu'il est dépassé, tous les corps, en particulier les *métaux*, sont mouillés, comme aussi la substance de l'*hygromètre*. Si le *maximum* ne se dépasse que lentement, l'air conserve sa *transparence*; mais s'il se dépasse rapidement, il se forme des *vésicules aqueuses*, et c'est une *brume*. Je dirai ici par anticipation, que l'idée commune, dans laquelle j'ai été moi-même jusqu'à ce que je me fusse profondément occupé d'*hygrométrie*, savoir que la *rosée* est due au simple *refroidissement* de l'air, est une erreur : c'est ce que je ferai voir dans la suite, ainsi que la liaison de ce *météore* avec le phénomène de la *disparition* de la *vapeur* dans l'atmosphère.

464. Si la *température* est de plusieurs degrés au-dessus de la *congélation*, quand la *rosée* dépose de l'*humor* sur les corps, celle-ci prend la forme d'*eau*, et se rassemble d'abord en gouttelettes; mais déjà quand la température n'est qu'à 1 ou 2 degrés au-dessus de ce point, elle s'y crystallise en *gelée*

blanche. C'est ici un phénomène où l'on distingue l'opération *physico-mécanique*, qui produit l'*évaporation* : elle continue quand la *vapeur* est au *maximum* dans l'air, comme à tous ses degrés, parce que le *feu* libre ne cesse jamais de traverser les corps, et de leur enlever de l'*humor* s'il en rencontre à sa sortie. Ainsi, dès que la *rosée* a déposé de l'*humor* sur les petits corps, tels que les brins d'herbe, ils perdent de leur *feu* par son *évaporation*; par-là, ils se *refroidissent*, et l'*humor* se crystallise à leur surface, quoique la *température* de l'air environnant et celle du sol au-dessous, soient de 1 à 2 degrés au-dessus de la *congélation* ; c'est ce que j'ai observé plusieurs fois, au moyen d'un petit thermomètre à boule nue.

465. Quand, par une grande surabondance de la *vapeur*, à toute *température*, sa *décomposition* est rapide, les particules de l'*humor* se réunissent en *vésicule*. J'ai tenté, au §. 609 de mes *idées sur la météorologie*, d'expliquer ce phénomène par la *vapeur* elle-même, et M. Zylius a eu la même idée. Les petites masses d'*humor* produites par la *vapeur* décomposée, tendent à prendre la forme de sphérules ; mais le *feu* devenu libre se joint à celui qui l'étoit déjà, pour transformer une

partie de cette masse en *vapeur*, et c'est autour d'elle que le reste de l'*humor* se forme en *pellicule sphérique*, avec exclusion de l'*air* dans l'intérieur. J'ai montré de plus au même endroit, que quoique ce phénomène ait lieu au-dessous de la *congélation*, l'*humor* pouvoit n'être pas convertie en *glace* dans la *pellicule*, car la *glace* exige pour se former, certaines circonstances, que le chevalier BLAGDEN a discutées dans les *Trans. phil.* et j'ai cité un cas, où j'avois vu l'*eau* supporter long-temps sans se *geler* la *température* — 8 de mon échelle, parce qu'elle avoit été purgée d'*air* dans une boule de thermomètre.

466. Ces *vésicules* sont excessivement minces, et ne contenant que de la *vapeur*, elles flottent dans l'air, comme y flottent les bulles d'eau de savon gonflées par l'air *chaud* et mêlé de *vapeur* sortant des poumons. Quand les vésicules sont abondantes, comme dans les temps de *brouillard* en automne, elles s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur, où elles sont en équilibre avec l'*air*; là elles s'*évaporent* sans cesse à une même hauteur dans de grandes étendues de pays, et sans cesse aussi elles sont remplacées du bas. Quelquefois leur couche se détache du sol, et

s'en trouve éloignée de 7 à 800 pieds, toujours s'*évaporant* par le dessus, et étant recrutée par dessous. J'ai fait des observations barométriques au-dessous, dans l'intérieur et au-dessus d'une de ces couches d'environ 600 pieds d'épaisseur, et élevée d'autant sur le sol, et je n'ai pas trouvé que la présence des *vésicules* y troublât la loi des densités de l'*air*; preuve qu'elles n'y flottent que comme des corps étrangers, de pesanteur spécifique égale à la sienne, par-tout où elles s'arrêtent.

467. Quand la *température* est au-dessus de de la *congélation*, les *brouillards* et les *nuages* déposent de l'*eau* sur les corps; mais si elle est au-dessous de ce point, l'*humor* déposée se crystallise, ou en *givre*, ou en *verglas*, suivant des circonstances difficiles à déterminer. Je vais citer un exemple du dernier cas, que j'observai le 25 octobre 1776 avec feu M. le baron de Reden, sur le *Blocksberg*, la plus haute sommité du *Hartz*, et que j'ai déjà décrit dans les *Trans. phil.* de 1777. Nous nous trouvâmes dans les *nuages* sur cette montagne, leurs *vésicules* étoient visibles à l'œil nud, sans l'assistance même d'un fond brun, mais plus distinctes dans leurs différentes grosseurs, lorsque nous avions à

une petite distance quelqu'un des petits sapins rabougris qui se trouvent épars sur cette montagne, toute couverte de tourbe. La *température* de l'air étoit — 0,4 ; des amas d'*eau* se voyoient sur le terrein ; mais tous les corps minces, tels que les joncs qui se trouvent là en grandes touffes, étoient garnis de *verglas* en forme de lames de couteau, dont la base étoit sur le corps à l'opposite du vent ; nos cheveux s'en garnirent, de sorte qu'en marchant, nous avions aux oreilles un bruit de sonnettes. L'*hygromètre* que j'avois alors étoit fait d'une bandelette d'*ivoire ;* exposé à l'air, il y vint d'abord à son point d'*humidité extrême* pris dans l'*eau*, où il se fixa, puis il s'y forma une de ces lames de *glace*. J'avois observé le même phénomène sur d'autres montagnes, avant que de m'occuper d'*hygrométrie*, et je crus me rappeler que c'étoit aussi dans des temps où la *température* étoit peu au-dessous de la *congélation*, et les *vésicules* des *nuages* très-visibles ; le *verglas* étoit si épais sur les sapins isolés, ou qui se trouvoient au bord des bois, que par son poids il en arrachoit de grosses branches. Quand le *brouillard* ne forme que du *givre*, pour en observer les *vésicules*, il faut, comme l'a fait M. de Saussure, s'aider d'un loupe,

et en se plaçant vis-à-vis de quelque objet brun ou un peu distant, attendre qu'il en passe au foyer de la loupe.

468. Nous arrivons enfin au grand phénomène *météorologique.* Quand, par une *cause* que nous avons à chercher, la *vapeur* vient à dépasser quelque temps et rapidement son *maximum* dans quelque partie d'une couche d'air, qui auparavant n'en manifestoit cependant que très-peu à l'*hygromètre*, les *vésicules* se forment à foison, se pressent, se réunissent, et elles produisent la *pluie*, si la *température* est au-dessus de la *congélation*, ou la *neige* si elle est au-dessous : il en résulte aussi la *grêle* en été, lorsque, par une *cause* tout aussi inconnue jusqu'ici que la précédente, et qu'on ne trouvera pas avant elle, il se fait tout-à-coup dans les *nues* une *combinaison* si abondante du *feu* libre par quelque nouvelle composition, qu'il en manque pour la *liquidité* des *gouttes*, et que les premières, ou plutôt le premier *gresil* est si *froid*, que dans son trajet au travers de la *nue*, il se couvre d'une croûte de *glace* plus ou moins épaisse, en s'emparant des guttules d'*eau* qu'il rencontre en son chemin.

469. Ce qui rend ces phénomènes si importans, pour la théorie de la *chimie*, comme pour

pour la *physique* en général, c'est cette circonstance ; qu'on les voit produits dans des couches d'*air* qui auparavant ne manifestoient que très-peu de *vapeur aqueuse* existante, au rapport de l'*hygromètre ;* et c'est pour cela qu'il faut bien connoître comment cet instrument indique la quantité actuelle de la *vapeur.* Il ne s'agira toujours ici que de la théorie générale, qui appartient encore à l'*hygrologie ;* mais sans une intelligence complette de celle-ci, en l'éclairant par les faits dans tous ses points, on ne seroit jamais parvenu à l'*hygrométrie ;* et si l'on ne connoît pas la première, et qu'on parle de la dernière, on le fait sans y rien entendre.

470. Je commencerai par un cas bien difficile à réaliser, à cause de l'influence des parois des vases sur la *vapeur,* pour peu qu'il y ait de différence de *température* entre les différentes parties de l'appareil : c'est celui où, la *température* étant à o de mon échelle, soit 32 de *Fahrenheit,* le *maximum* de l'*évaporation* dans un vase clos, y auroit amené l'*hygromètre* à 100, qui est son point d'*humidité extrême,* sans qu'il restât dans l'espace aucune source de nouvelle *vapeur.* J'ai vu ce cas, ainsi il ne s'agit pas d'une simple supposition ; mais je le considérerai ici sous

ce point de vue, pour l'objet de la théorie. Je supposerai encore, sauf ce qu'on verra dans la partie de l'*hygrométrie*, que chacun des *degrés* d'un *hygromètre* représente une 100e. partie de la quantité d'*humor* qui alors aura produit le *maximum* d'expansion de sa substance, nommé 100, qui est donc le point auquel je suppose d'abord l'*hygromètre*. Si l'on fait augmenter la *chaleur* dans le vase, sans changement dans la quantité de la *vapeur*, l'*hygromètre* rétrogradera vers la *sécheresse* à mesure que la *température* haussera; et l'on a vu qu'il en étoit de même dans le *vide d'air* comme dans l'*air*; puis il retournera vers l'*humidité*, quand la *chaleur* diminuera de nouveau; et quelque temps que les choses demeurent dans cet état (supposant toujours que la quantité de *vapeur* ne change point), l'instrument reviendra toujours aux mêmes *degrés*, par les mêmes *températures*. Tel est le phénomène fondamental, dont il faut chercher la cause dans les principes établis ci-devant.

471. Quand la *température* s'élève, c'est-à-dire, quand la quantité de *feu* libre devient plus grande, il enlève dans les mêmes temps à la substance *hygroscopique*, plus d'*humor* qu'elle ne peut en recevoir de la *vapeur*,

dont la quantité est supposée la même dans l'espace : cette substance perd donc une partie de son *humor*, ce qui s'apperçoit par sa *contraction*, et elle ne cesse d'en perdre, que lorsque celle qui lui reste, résiste assez à l'action du *feu*, pour qu'il ne lui en enlève pas dans les mêmes temps plus qu'elle n'en reçoit de la *vapeur*. L'*hygromètre* alors demeurera fixe, tant que la *température* demeurera la même, mais il changera par la même cause, quand la *température* haussera ou baissera.

472. Je répéterai ici, parce que c'est un exemple de ce qui arrive dans nombre de phénomènes, où la *permanence* trompe sur les *causes*, quand on n'a pas l'habitude de les suivre dans les *degrés* de leurs effets; que ce *repos* apparent dans les divers *degrés* d'*équilibre* hygroscopique, produits par les mêmes quantités de *vapeur* quand la *température* change, ne peut être qu'un changement *fixe* dans le point où se fait la *compensation* des deux *effets opposés*. Car s'*il n'y avoit point* de *vapeur*, le *feu* libre enlèveroit toute *humor* évaporable dans la substance *hygroscopique ;* et d'un autre côté, sans cette action du *feu* libre, avec de la *vapeur*, la substance lui enlèveroit toujours de l'*eau*

jusqu'à son *maximum*, quelque rare qu'elle fût. Mais ces deux *effets opposés* s'opérant en même temps, leur *compensation* se fait à divers *degrés*, c'est-à-dire, par diverses quantités d'*humor* retenues par la substance *hygroscopique*, dont les particules, qui changent sans cesse, demeurent en quantités sensiblement égales par les mêmes quantités de *feu libre*. On pourra donc faire parcourir à l'*hygromètre* une grande partie de son échelle dans un sens rétrograde, en faisant hausser de plus en plus la *température* au-dessus de o; et l'on pourra le ramener aux mêmes points, en produisant les changemens inverses dans la *température*, sans que la quantité de la *vapeur* ait changé; et si le vase est bien fermé, il n'y aura point de limite à la durée de ces effets. Ceci exige un vase à embouchure étroite, fermée par une plaque de métal, qu'on cimente par de la cire à cacheter de la manière que je décrirai dans la suite.

473. J'ai dit que ce *maximun* de la *vapeur* à la *température* o, sans qu'il reste aucune source de nouvelle *vapeur* dans l'espace clos, est très-difficile à obtenir; mais voici une autre expérience, qui se lie à la précédente, et qui peut se faire sans aucune

difficulté que celle de bien sceller le vase. Qu'on y place d'abord l'*hygromètre* et le *thermomètre*, et qu'à la *température* de + 17 ou environ, on y enferme d'abord un petit linge mouillé suspendu par un fil, en l'y laissant jusqu'à ce que l'*hygromètre* soit venu à 80, et qu'on le retire alors en scélant aussitôt le vase. D'après des expériences que je rapporterai dans la suite, quand l'*hygromètre* sera à 80 par la *température* + 17, le vase contiendra une quantité presque *triple* de *vapeur*, que lorsqu'il se trouvoit au même point dans le cas précédent, et il en sera de même à tous les mêmes *points* indiqués par l'instrument dans les deux cas; c'est-à-dire, qu'à cause de cette différence de *température*, les mêmes *degrés* d'*humidité* seront produits par des quantités de *vapeur* qui seront entre elles comme 1 à 3, à-peu-près. Ainsi l'*hygromètre* est vrai dans ses indications, malgré cette apparence de contraste; parce qu'il n'est destiné immédiatement, qu'à indiquer la *faculté humectante* actuelle du milieu ambiant. C'étoit donc de cette *faculté* qu'il falloit connoître la nature, pour entendre le langage de cet instrument, qui demeure encore si peu connu: elle réside dans la *vapeur aqueuse*, mais elle est subordonnée à la *température*; et il falloit

ainsi étudier la cause de cette subordination, et la marche de ses effets. On a vu ce qui résulte de cette étude; c'est que quoique la *vapeur* ait, à son *maximum*, des degrés de *densité* très-différens, par différentes *températures*, quand elle a atteint ce point, qu'elle ne peut dépasser sans qu'il ne commence à s'en *précipiter* une partie; quelle que soit sa *densité*, elle amène toujours invariablement l'*hygromètre* au point 100. Ce point indique donc toujours un certain *tout*, dont les *degrés* inférieurs (en les supposant équidifférentiels) indiquent les mêmes *parties aliquotes*. Ainsi, en déterminant par l'expérience quelle est la quantité de *vapeur* dans un certain espace, un pied cube par exemple, qui produit ce *tout* à chaque *température*, les *degrés* de l'*hygromètre* en indiqueront des *parties aliquotes* par les mêmes *températures*.

C'est en cela que consiste l'*hygrométrie*, qui est ainsi fondée sur des principes certains; mais comme je l'ai dit, il se présentoit beaucoup de difficultés pour les réduire en pratique. C'en étoit une d'abord, que de déterminer les quantités d'*humor* qui produisoient les différens *maxima* par les diverses *températures*; et quoique ce ne fût qu'une

difficulté de manipulation; elle étoit assez grande. Mais le point qui présentoit les plus grandes difficultés, comme tenant à nombre de causes, étoit la détermination de la *valeur* des *degrés* d'un certain *hygromètre*, à toute *température*, pour qu'ils pussent conduire eux-mêmes à ces *maxima*, qu'on n'observe point dans l'air libre, mais desquels, lorsqu'ils sont connus, on pût conclure les quantités des *parties aliquotes* actuelles, dans leurs rapports avec les *degrés*. Tel est le sujet dans lequel j'entrerai maintenant; mais je déposerai ici mon néologisme *humor*, après en avoir montré la convenance : il viendra peut-être un temps où les physiciens sentiront généralement, que vu la variété des associations de cette substance *élémentaire*, si importante dans tous les prénomènes de notre globe, tant passés qu'actuels, et dont la *glace*, l'*eau* et la *vapeur aqueuse* ne sont que les modifications les plus simples, il convient de lui donner un *nom* qui ne produise point d'équivoque.

CINQUIÈME PARTIE.

De l'Hygrométrie.

474. Nous n'avons plus à considérer en quoi consiste l'*humidité* dans les corps, ni ses rapports avec la *vapeur aqueuse*, et nous ne pouvons encore nous occuper des quantités de cette *vapeur* qui tiennent l'*hygromètre* aux mêmes points par diverses *températures ;* car avant cela, nous avons à chercher, si les quantités d'*eau* qui font parcourir à l'HYGROMÈTRE des *degrés* égaux, sont égales entre elles ; c'est-à-dire, si, par exemple, divisant son échelle en 100 *degrés* à partir du point de la *sécheresse extrême*, chacun de ces *degrés* correspond à une 100e. partie de la quantité d'*eau* qui le porteroit à 100, soit à l'*humidité extrême*.

475. Lorsque je commençai des expériences sur cet objet, j'en prévis les difficultés, d'après celles que j'avois éprouvées pour découvrir quel étoit le *liquide* dont les *dilatations* par la *chaleur* étoient le plus proportionnelles aux quantités de *feu* qui le pénétroient : et comme avant que d'avoir obtenu

un moyen direct de connoître ce *liquide*, j'avois pu le distinguer assez sûrement, en comparant entre elles les *marches* de divers *liquides*, je commençai de la même manière mes recherches sur les *corps hygroscopiques*.

476. On avoit fait dès long-temps diverses espèces d'*hygroscopes*; entre autres de plusieurs *bois* coupés en travers, et de *fils tordus*, ou de boyau ou de chanvre. Je commençai par ces corps-là, en les prenant de même longeur, et les éprouvant dans les cadres que j'ai décrits au §. 253. Je n'avois alors que le *point fixe* de l'*humidité extrême*, que je déterminois pour chaque *hygroscope*; après quoi j'observois leurs *marches comparatives* dans l'air sur des échelles semblablement divisées.

477. Ces premières expériences me montrèrent des phénomènes très-variés. Je ne trouvai pas seulement des différences très-grandes, mais des contradictions, dans les marches de ces hygroscopes : les *fils tordus* se mouvoient, dans certains espaces, en sens contraire des pièces de *bois* coupées en travers des fibres. Comprenant bientôt que cet effet étoit dû à la *torsion*, je fis des hygroscopes avec des brins non tordus des mêmes substances; ce qui rapprocha leur marche

de celle des *bois* coupés en travers ; mais il y resta beaucoup de différence, et enfin des mouvemens contraires. J'essayai alors d'autres corps *fibreux*, tant dans la *longueur* que dans le *travers* des *fibres* ; et comme les mêmes corps, pris suivant ces deux dimensions, se rangent sous deux classes d'*hygroscopes* dont il sera beaucoup question ici, je vais d'abord expliquer comment je les préparois.

478. Pour éprouver les corps fibreux du règne végétal ou animal dans le sens du *travers* de leurs *fibres*, il falloit les réduire en lames très-minces : quand c'étoient des *bois*, je les faisois d'abord amincir par un habile ébéniste ; j'amincissois d'autres corps par différens moyens, et je les coupois tous en *bandelettes* étroites. Je désignerai donc par le mot *bandelettes*, les hygroscopes faits de toute substance coupée en *travers* des fibres. Pour éprouver les mêmes corps dans le sens de la *longeur* des *fibres*, j'en séparois de petits *faisceaux*, en les *refendant* de plus en plus. Par l'habitude, j'arrivai à amincir ces faisceaux jusqu'à ne pas excéder la grosseur d'un crin de cheval, même souvent au-dessous. Je nommerai ces hygroscopes, *fils artificiels*, pour les distinguer

de quelques *fils naturels* que j'ai aussi éprouvés, tels que les *cheveux*, les *gramens*, et de minces *piquans de porc-épic*.

479. J'avois déjà suivi assez loin les marches comparatives de ces deux classes d'*hygroscopes* avec le seul point fixe de l'*humidité extrême*, et fixé des idées générales à leur sujet, lorsque j'arrivai au point de la *sécheresse extrême*, qui me fit reprendre ces comparaisons; et ensuite, par une raison que je dirai, je formai un plan d'expériences régulières, dont il s'agira ici après que j'en aurai indiqué la marche générale.

480. Tous ces *hygroscopes* avoient leur point de *sécheresse extrême* pris dans un *vase à chaux*, que je décrirai à la fin de ce chapitre, et leur point d'*humidité extrême* étoit pris dans l'*eau;* l'intervalle des deux points étoit divisé en 100 parties. Les expériences étoient faites dans l'appareil à double vase décrit aux §§. 237 et suiv. Quand les instrumens étoient renfermés dans le vase antérieur, le vase à *chaux* lui étoit appliqué, et je les laissois quelque temps pour leur faire subir les vicissitudes de la chaleur, afin qu'ils arrivassent plus sûrement à 0; à quoi j'ai dit que le frottement interne des molécules entre elles fait obstacle.

481. Je séparois ensuite le vase à chaux de celui des instrumens, de la manière que j'ai décrite en parlant déjà de cet appareil : il entroit quelque humidité dans l'autre vase, durant cette opération ; mais cela n'étoit d'aucune conséquence, puisqu'il s'agissoit d'y en introduire graduellement, au moyen du petit tiroir contenant un linge mouillé dont j'ai fait aussi mention. Un hygromètre à *bandelette de baleine* étoit mon point de comparaison, et je tâchois de faire augmenter l'*humidité* de 5 en 5 degrés de son échelle. Je ne pouvois bien juger de l'effet produit par une introduction du *linge mouillé,* que lorsque ce linge étoit retiré, et que l'eau évaporée s'étoit également distribuée dans l'appareil par la température 60 de *Fahr.* commune à toutes ces expériences ; ainsi je n'avois pas exactement les quantités nécessaires pour que l'hygromètre de *baleine* marchât de 5 en 5 degrés ; mais quand l'expérience étoit finie, je la ramenois à ces points par interpolation. Je terminois l'expérience au 85e. degré de l'hygromètre de baleine ; parce qu'au-delà, comme j'ai eu occasion de le dire, le moindre réfroidissement faisoit déposer de l'eau sur quelque partie des parois du vase ; l'*humidité* y diminuoit alors,

et toutes les observations suivantes devenoient irrégulières. Mais je complettois la comparaison des instrumens, en les plongeant dans l'eau au sortir du vase, et quelquefois aussi, quand l'occasion s'en présentoit, je les exposois au brouillard, ou à une rosée croissante jusqu'à devenir complette. Tel est le plan de toutes les expériences suivantes.

482. Je les commençai par la comparaison des *marches* de la *bandelette* de *baleine* et du *fil* fait de la même substance. La TABLE Ire., à la fin de cette PARTIE, renferme ces *marches* comparatives par les mêmes augmentations de l'*humidité* à partir de la *sécheresse extrême;* et elle fournit un premier exemple de la différence des *marches* de ces deux classes d'hygroscopes. On y voit, dis-je, dans cette TABLE, que tandis que la *bandelette* s'alonge par des *pas* égaux de 5 en 5 degrés de son échelle ; le *fil* a d'abord des *pas* comparativement beaucoup plus grands, mais qui se ralentissent de plus en plus, et deviennent très-petits, ce que montre immédiatement la colonne des *différences* de sa *marche.* Jusques là cependant rien n'annonceroit lequel des deux hygroscopes étoit le plus d'accord avec l'*humidité;* car si j'eusse dirigé l'expérience de manière à faire les

observations de 5 en 5 degrés du *fil*, la *bandelette* auroit eu une marche aussi *croissante* comparativement à celle du dernier, qu'il l'a *décroissante* comparativement à elle sous la forme de l'expérience, et l'incertitude demeureroit la même.

483. Mais nous avons un phénomène décisif à la fin de cette *marche* décroissante du *fil* : c'est une petite *rétrogradation* ; et ce n'est pas par une diminution de l'*humidité*, car c'est au contraire quand elle arrive à son *maximum*, c'est-à-dire, dans l'eau ou dans un brouillard. Ce phénomène, dès la première fois que je l'observai, me rappela la marche du thermomètre d'eau, comparativement à celle du thermomètre de *mercure* ; le premier ayant aussi une petite *rétrogradation* aux approches de la température de la *glace fondante*, après avoir ralenti ses pas de la température de l'*eau bouillante* jusqu'à ce point, comparativement à la marche du thermomètre de *mercure*. Des expériences directes m'apprirent ensuite que la marche de ce dernier thermomètre étoit très-près d'être proportionnelle aux changemens de la *chaleur* ; ce qui me fit concevoir qu'il y avoit dans l'*eau* quelque effet de la retraite du *feu*, qui, dès le commencement de ses *contractions*, tendoit à les diminuer, et qui

les surpassoit enfin, quoique la *chaleur* continuât de décroître. De sorte que voyant un grand rapport entre les marches comparatives de ces deux *thermomètres* et celle des deux *hygroscopes*, je crus pouvoir en conclure, que l'introduction de l'*eau* dans le *fil* y produisoit deux effets opposés, l'un qui tendoit à l'*alonger*, l'autre qui, tendant à le racourcir, compensoit de plus en plus le premier et le surpassoit enfin, quoique l'*humidité* continuât d'augmenter; de sorte que la marche de la *bandelette*, ayant au contraire à cet égard de l'analogie avec celle du thermomètre de *mercure*, devoit approcher d'être proportionnelle à celle de l'*humidité*.

484. La comparaison immédiate de ces deux phénomènes pouvant servir à présenter plus clairement ces analogies, j'ai placé dans la même TABLE, les marches comparatives des deux *thermomètres*, en traduisant pour cet effet la table originale que j'en ai donnée au §. 418 m. de mes *Recherches sur les mod. de l'Atmosphère*. Le premier changement que j'y ai fait dans ce but, est celui de supposer divisé en 100 parties, au lieu de 80, l'*intervalle fondamental* des thermomètres, en changeant proportionnellement les *termes* de la marche du thermomètre d'*eau*, pour laisser

celle du *mercure* de 5 en 5 degrés de la nouvelle échelle. J'ai placé ensuite dans des colonnes les *différences* des deux *marches*, et j'en ai pris inversement les sommes, pour exprimer des *condensations* des deux *liquides*, à partir du terme de l'*eau bouillante* jusqu'à celui de la *glace fondante*.

485. Les deux phénomènes représentés dans cette TABLE placée à la fin de cette partie, sont sans doute d'espèces bien différentes ; cependant on ne peut qu'y reconnoître un même genre, dont la *rétrogradation*, quoique fort petite ici, fait le caractère. Car ce système final décèle une cause particulière, qui a dû agir dans toute la marche antérieure, la rendant *décroissante*, comparativement aux augmentations réelles d'intensité de la cause principale. C'est, dis-je, ce qu'on pourroit légitimement conclure de la *rétrogradation* seule, dès qu'on est assuré par d'autres symptômes, qu'elle a lieu tandis que l'intensité de la cause continue d'augmenter. Mais nous avons en même temps le thermomètre à *mercure* dans un des cas, et l'hygroscope à *bandelette* de *baleine* dans l'autre, comparativement auxquels le thermomètres d'*eau* et l'hygroscope à *fil* de *baleine* ont respectivement des marches *décroissantes*, suivies de

cette

cette petite *rétrogradation :* ce qui, d'après la conclusion précédente, nous autorise aussi à conclure, que les *marches* des deux premières sont plus conformes que celles des dernières à leurs causes respectives.

486. Je m'arrête pour le présent à des conséquences, déduites du phénomène de la *rétrogradation*, parce que j'ai suivi ici la même route des recherches pour l'*hygromètre*, que j'avois suivie d'abord pour le *thermomètre*. On sait que ces conséquences furent ensuite directement confirmées pour le premier de ces instrumens, et on le verra aussi à l'égard du dernier : mais pour assurer les bases de l'HYGROMÉTRIE, il est essentiel d'étudier directement les *marches* des *fils*. C'est pourquoi je conclurai dès ici, par analogi e, que l'hygroscope à *fil* de *baleine* apporteroit dans la détermiuation du point fixe de l'*humidité extrême*, la même incertitude qui résulteroit du thermoscope d'*eau*, sur celle du point fixe de température de la *glace fondante ;* l'un et l'autre devant avoir un état presque *stationnaire*, comme prélude de leur petite *rétrogradation* aux approches du *point* qu'il devroit indiquer ; et que la *marche* de la *bandelette* de *baleine*, continuée à cette période,

lui assigne la fonction de déterminer le premier de ces *points ;* puisque celle du *mercure* est admise comme déterminant le dernier.

487. Pour faire voir la légitimité de ces conclusions, tirées d'un symptôme très-foible sans doute, mais bien déterminé, je vais montrer les mêmes effets comme au microscope, dans une substance *végétale*, le *sapin*. J'ai expliqué comment je faisois des *bandedelettes* et des *fils*, tant des bois que d'autres substances *fibreuses*. Le *sapin* n'a qu'une très-petite expansibilité dans le sens de la *longueur* des fibres ; de sorte qu'il exigea un *axe* d'un très-petit diamètre, pour que l'*index* eût un mouvement suffisant ; mais il s'agissoit de déterminer ce diamètre. On est trompé par les observations ordinaires sur ce *bois*, d'après lesquelles on est porté à croire que l'*humidité* ne l'affecte pas dans le sens de la *longueur :* mais on n'en juge ainsi que parce que les variations ordinaires de l'humidité de l'air ne le font pas sortir d'un long état *stationnaire* qu'on verra ; car il se *raccourcit*, quand l'humidité augmente jusqu'au *maximum;* et il se *raccourcit* plus encore, quand, de l'état ordinaire de l'air, il passe à la *sécheresse extrême*.

488. Avant que d'en venir à la manière dont je déterminai le diamètre de l'*axe* pour ce singulier *fil*, je vais décrire l'expérience préliminaire que je faisois dans le même but pour tous mes nouveaux hygroscopes. Le corps hygroscopique, *fil* ou *bandelette*, étant préparé, je fixois par des pinces, à l'une de ses extrémités, un petit anneau, et à l'autre un poids large et plat, terminé par une pointe qui devoit me servir d'*index*. Je suspendois ensuite le corps dans l'*eau*, et quand il en étoit pénétré, je l'en tirois, pour le suspendre par son anneau contre une paroi bien unie, marquant aussitôt le point où se trouvoit l'*index*; et je plaçois auprès, un hygroscope de baleine. Quand le corps s'étoit conformé à l'état de l'air, je marquois le nouveau point de l'*index*, et je notois celui qu'indiquoit l'*hygroscope*. Il ne m'arrivoit guère de me tromper par cette seule épreuve, sur l'*axe* d'une *bandelette*; mais quant aux *fils*, j'étois toujours obligé d'y joindre l'épreuve par la *sécheresse extrême*, et souvent même j'avois besoin de connoître toute leur marche avec un premier *axe* quelconque.

489. Lorsque je soumis le *fil* de *sapin* à la première de ces épreuves, et que j'eus

marqué son point au sortir de l'*eau*, je le vis s'*alonger* en se conformant à l'état de l'air, et quand il fut fixe, je marquai ce nouveau point. Je le suspendis alors dans mon vase à *chaux*, et le replaçant contre la paroi à l'instant où je le tirai du vase, je marquai aussitôt le point auquel il aboutit, et il s'y trouva plus court qu'au sortir de l'*eau*. Je déterminai le diamètre de l'*axe* d'après les deux points les plus distans, ceux de l'*air* et de la *sécheresse extrême ;* et ayant placé le *fil* dans sa monture, je marquai ses points dans le vase à *chaux* et dans l'*eau ;* je divisai ensuite leur intervalle en 100 parties, et je prolongeai l'échelle en mêmes parties au-delà de 100. L'*index* ne quitte jamais cet espace extérieur dans les états ordinaires de l'air ; il revient seulement à 100, par l'humidité d'un *brouillard* ou d'une *rosée complète ;* mais l'air n'est jamais assez *sec* pour qu'il y retourne aussi en marchant vers la *sécheresse*. Or c'est dans cet intervalle qu'on observe ordinairement le *sapin*, et qu'on ne lui trouve aucune variation sensible de *longueur*. Quant à la *bandelette* de ce bois, dont l'expansion est assez grande, de même que pour toutes les *bandelettes*, je n'avois besoin,

pour déterminer le diamètre de l'axe, que de la première épreuve dans l'eau et dans l'air, comparativement à la *bandelette* de *baleine*; ayant soin seulement que l'axe fût plutôt trop grand que trop petit, pour que l'*index* ne pût pas sortir du cadran.

490. Ces deux hygroscopes de *sapin* étant finis, j'observai toute leur *marche*, comparativement à celle de la *bandelette* de *baleine*, toujours dans le même appareil, et on les trouve dans la TABLE II. Ici le *fil* ne laisse aucune obscurité sur le point de l'*humidité extrême*, car il y arrive, à sa manière, par des pas très-décidés; et en général, toute sa *marche* montre à grands traits le caractère des *fils*. La *bandelette* de ce bois n'est encore qu'à 38,3, et celle de la *baleine* à 35, quand le *fil* a déjà une petite *rétrogradation*, après avoir beaucoup dépassé un certain point, où il se tient par l'*humidité extrême*, et où il reviendra; il reprend ensuite sa marche *progressive*; et parvenu à son plus grand *alongement*, tandis que les deux *bandelettes* ne sont que vers la moitié du leur, il a une nouvelle *rétrogradation*, suivie encore d'un pas *progressif*; mais dès le point 64,9 de sa *bandelette* et 60 de la *baleine*, et par conséquent fort loin encore

du *maximum* de l'*humidité*, sa *rétrogradation* finale se décide et va en s'accélérant. Ainsi ce *fil* eût-il été observé seul, n'auroit pu tromper sur le point de l'*humidité extrême* : en le voyant *rétrograder* tandis que l'*humimidité* continuoit à croître d'après des symptômes non équivoques, on n'auroit pu en attendre le *maximum* qu'à la fin de cette nouvelle *marche*. Et d'un autre côté, si l'on eût vu en même temps deux *bandelettes* de substances aussi différentes que la *baleine* et le *sapin*, continuer de s'*alonger*, presque par les mêmes pas, jusqu'au moment où le *fil* cesse de s'*accourcir*, on n'auroit pu s'empêcher de conclure, que l'*humidité* n'arrive à son *maximum*, que lorsque ces *bandelettes* s'arrêtent enfin dans leur marche toujours *progressive*, en même temps que le *fil* s'arrête dans sa marche *rétrograde*. Voilà donc qui confirme sans aucun doute, les conséquences que j'ai tirées de la *rétrogradation* du *fil* de *baleine*, malgré la petitesse de ce changement de marche.

491. Je donnerai encore un exemple de ces *marches* opposées, en vue aussi du point de l'*humidité extrême*, et je reviendrai pour cela à une substance animale, qui est la *plume*. J'ai dit que pour faire la *bandelette* de ce

corps fibreux, je coupois en hélice étroite la partie la plus cylindrique d'un tuyau de plume d'oie, que j'amincissois ensuite comme le papier le plus mince. Quand au *fil*, je le pris dans la longueur d'une de ses *plumes*, partant du tuyau, et continuant dans la partie supérieure de la *plume* qui est de même substance; et en *refendant* de plus en plus la première pièce que j'en séparai, je l'amincis autant que le crin le plus fin. Ce *fil*, aux premières épreuves, me montra les mêmes symptômes que le *fil* de *sapin*, avec plus d'expansibilité totale : je déterminai son *axe* et son *échelle* de la même manière; je fis aussi pour la *bandelette*, la même épreuve que pour celle de *sapin*, qu'elle surpassa en dilatabilité; et quand ces deux hygroscopes furent finis, j'en observai la marche dans le même appareil, conjointement encore avec la *bandelette* de *baleine*. Les résultats de cette expérience forment la TABLE III.

492. On voit d'abord ici une troisième *bandelette* dont la *marche* a le même *caractère* que celle des deux déjà comparées, celles de *baleine* et de *sapin*; c'est-à-dire, qu'elle est *progressive* jusqu'au dernier terme. Quant au *fil*, malgré la petitesse de ses six derniers pas

retrogrades, il n'auroit produit aucune illusion sur le point de l'*humidité extrême*, quand il auroit été observé seul ; il *rétrograde* trop tôt pour cela ; et si même cette petite *rétrogradation* n'eût eu lieu qu'au dernier pas, ses deux *rétrogradations* antérieures, tandis que l'*humidité* augmentoit certainement dans l'appareil, auroient appuyé la conclusion tirée de la petite *rétrogradation finale*, en manifestant une *lutte* entre les deux effets opposés, dont l'un, dès le commencement de la marche, s'oppose à celui qui tend à *alonger* le *fil*.

493. Ces symptômes de *lutte* se manifestent dans les *fils* tels que celui de *plume* et de *sapin*, parce que, de bonne heure, l'effet qui s'oppose à leur *alongement*, est près d'égaler celui par lequel ils *s'alongent ;* et c'est ce qui rend très-petit leur alongement total. Quant aux signes visibles de cette *lutte*, ils procèdent de la *friction* interne. L'un des effets se trouve d'abord traversé par quelque arrangement des particules de la substance ; puis, quand il peut surmonter l'obstacle, il s'exécute par *saut*, et fait obstacle à son tour pour quelque temps à celui qui l'avoit tratraversé. Nous avons une preuve que c'est-là la cause des *rétrogradations* anticipées,

entremêlées aux pas *progressifs*, durant un long état presque *stationnaire*, en ce que, dans les mêmes individus, elles n'arrivent pas aux mêmes points en différentes expériences, et qu'elles y sont aussi, ou plus fréquentes et moins grandes, ou plus grandes et moins fréquentes. Je reviendrai à cet objet; après avoir donné les *marches* de quelques autres *fils*.

494. Jusqu'ici j'ai eu en vue le point de l'*humidité* extrême, sur lequel il auroit pu naître du doute par un *fil* tel que celui de la *baleine*, si, ayant été observé sans comparaison avec quelque autre hygroscope, sa petite *rétrogradation* finale, qui doit caractériser sa marche précédente, eût été négligée. Mais la grande *rétrogradation* d'autres *fils*, précédée d'un long état presque *stationnaire*, a fixé ici notre attention sur ce symptôme, et sur la marche correspondante, toujours *progressive*, de trois *bandelettes* de substances très-différentes; par où nous ne pouvons douter, que le point auquel l'expansion de ces dernières se termine, ne corresponde exactement à celui où l'*humidité* arrive à son *maximum*. Je vais maintenant montrer un autre *fil*, qui, s'il eût été observé seul, auroit pu, par les mêmes causes, mais

différemment combinées, porter la même espèce d'incertitude sur le point de la *sécheresse extrême*.

495. Il s'agira ici du *buis*, dont on verra que la *bandelette* s'écarte peu de la *marche* des précédentes. Mais quant au *fil*, que je ne fis qu'avec beaucoup de peine, à cause de la ténacité et fragilité de ses fibres, il me montra dès mes premières épreuves ordinaires, des symptômes absolument opposés à ceux des précédens; de sorte que je dus faire son échelle dans le sens inverse. Quand cet hygroscope fut fini, je le plongeai dans l'*eau*, et je dus nommer o, le point où il se fixa; parce que, d'après mes premières épreuves, je le savois être celui où ce *fil* étoit le plus *court*. Je le mis ensuite dans le vase à *chaux;* et là il continua de s'*alonger* pendant quelque temps; mais ensuite il *rétrograda*, et se fixa à un certain point, que je nommai 100. Je divisai alors en 100 parties, l'intervalle de ces deux *points fixes*, inverses, quant à l'effet sur la *longueur*, de ceux des autres *fils;* et je prolongeai l'échelle en mêmes parties, au-delà du point de la *sécheresse extrême*. J'observai ensuite dans l'appareil ordinaire, les *marches* de ce *fil* et de la *bandelette* du même bois, compa-

rativement à celle de la *bandelette* de *baleine*, telles qu'on les trouve dans la TABLE IV.

496. On voit d'abord ici ce que j'ai dit ci-dessus, que la *bandelette* de *buis*, comme celles de *baleine*, de *sapin* et de *plume*, annonce les deux *extrêmes* de la cause de ses changemens de dimension, par des pas très-décidés. Mais tandis que les *fils* de ces trois dernières substances prennent une marche plus ou moins *rétrograde* aux approches de l'*humidité extrême*, le *fil* de *buis*, qui arrive à celle-ci par une marche dès long-temps dans le même sens, quoique contraire à celui des *bandelettes*, a une *rétrogradation* dans sa marche aux approches de la *sécheresse extrême*; de sorte qu'il auroit pu rendre ce point indéterminé, s'il eût été observé seul, et qu'on n'eût pas eu une théorie d'ailleurs fixe de ce terme de l'*humidité*.

497. Avant que de passer à d'autres expériences, j'appliquerai à un cas particulier, ce qu'on vient de voir du *buis* pris dans le sens de la longueur de ses fibres. J'avois été surpris d'un phénomène connu de la *flûte*, c'est que lorsqu'on ne l'a pas jouée pendant quelque temps, et qu'elle a été tenue dans un lieu sec, son ton hausse comparativement aux autres instrumens quand on en joue;

de sorte qu'il faut un peu l'alonger pour la remettre d'accord avec eux. Avant mes expériences sur le *buis*, je ne concevois rien à ce phénomène; mais maintenant il s'explique, en ce que la *flûte*, s'humectant alors par le souffle, se *raccourcit*, ce qu'il faut corriger en l'*alongeant*.

498. Je reviens à la suite de mes expériences. Tous les *fils*, tant naturels qu'artificiels que j'ai éprouvés (et ils sont en grand nombre) ont le même caractère général que les précédens, quoiqu'avec beaucoup de variétés : je n'ai pas cru nécessaire de les observer tous dans leur marche entière ; il me suffisoit, pour connoître leur caractère générique, de les monter en hygroscopes, avec les deux *points fixes* déterminés sur leur *échelle*, observant ensuite leur marche dans les variations ordinaires de l'air et aux approches de l'*humidité extrême*. Cependant j'ai suivi toute la marche de cinq autres *fils*, dont deux *artificiels* de l'un et l'autre règne, le *boyau* et la *pitte*, et trois *naturels*, aussi des deux règnes, le *cheveu*, un long *piquant* très-mince de *porc-épic* et une *tige* de *gramen*. J'ai joint les marches de ces 5 *fils* à celles des 4 précédens dans la TABLE V; mais j'y ai changé l'expression

originelle de ces marches, pour rendre leur caractère commun plus immédiatement sensible. Conservant le signe o à leur plus grand *raccourcissement*, j'ai nommé 100 leur plus grand *alongement* dans quelque partie de la *marche* qu'il se trouvât, et j'ai changé tous les autres termes dans la même proportion que ce dernier; ce qui conserve les mêmes *marches*.

499. En rangeant ces hygroscopes dans la TABLE, après la marche de la *bandelette* de *baleine* qui a servi pour tous de point de comparaison, j'ai commencé par le *fil* dont le point 100 étoit le plus près de l'*humidité extrême*, et qui, dans cette expérience, coïncidoit avec elle; quoique dans d'autres il ait eu une petite *rétrogradation*; c'est le *piquant de port-épic*. J'ai placé ensuite ceux dont le point 100 s'éloignoit de plus en plus de ce terme; et pour diriger l'œil dans la TABLE, j'ai indiqué par une * chaque point de plus grand *alongement*. J'ai marqué aussi d'une ✠, dans la marche de chaque *fil*, les deux points les plus rapprochés où il a été observé dans sa marche *progressive* et sa marche *rétrograde*. Pour tous les *fils*, excepté celui de *buis*, l'un de ces points se trouve à l'*humidité extrême*, et leur distance augmente, à

mesure que la *rétrogradation* a commencé plutôt : quant au *fil* de *buis*, l'un des points comparés est inversement à la *sécheresse extrême*.

500. Le *piquant de porc-épic* semble ici faire une exception dans sa classe, n'ayant point de *rétrogradation ;* mais, comme je l'ai déjà dit, ce n'est qu'une exception dans sa propre *marche*, qui eut lieu dans cette expérience; car dans d'autres, faites seulement à la rosée, ou au brouillard et dans l'eau, ce même piquant a eu de petites *rétrogradations :* et dans cette expérience même, ce *fil* avoit eu des *rétrogradations* avant le dernier terme; on en voit une entre les 60 et 65e degrés, et une autre entre les 70 et 75 de la bandelette de *baleine*. C'est ce qui arrive à tous les *fils*, suivant que l'arrangement interne de leurs particules à ce point critique a été déterminé par leur marche antérieure. Je le nomme un point critique, parce que c'est celui où les deux effets qu'opère en eux l'*humidité*, sont plus près de se compenser l'un l'autre; et que c'est à ce point, que l'effet de la *friction* se rend plus sensible sur leur *marche*, dont les pas sont alors très-petits.

501. J'ai expliqué comment la *rétrogra-*

dation, caractère distinctif de la classe des *fils*, suffit seule pour en conclure, que leur marche antécédente doit *décroître* comparativement à des progrès de l'*humidité* égaux entre eux; et qu'ainsi, puisqu'elle est *décroissante* comparativement à celle des *bandelettes*, ce sont celles-ci qui suivent le mieux les progrès de l'*humidité* de l'un à l'autre de ses *extrêmes*. Or j'ai trouvé que toutes les *bandelettes* avoient un même caractère dans leurs *marches*; et j'en ai éprouvé un grand nombre tant de différens bois, que de corps creux coupés en hélices, *roseau* de Virginie, *bambou*, *canne* d'Inde premièrement percée, et un gros *piquant de porc-épic*. Je suis parvenu aussi à observer une *bandelette* d'*os*, faite d'une hélice coupée du fémur d'un grand bœuf; mais cette hélice exigea toute la dextérité de M. HAAS, le constructeur de mes hygromètres à Londres; parce qu'il fallut la rendre d'abord aussi mince que du papier, quoique très-fragile, pour qu'elle ne se rompît pas en la redressant dans l'eau.

502. Je fais une mention particulière de cette *bandelette*, parce qu'elle m'a fourni un exemple remarquable de ce que j'ai expliqué ci-devant, quant à la diminution de la

tendance des molécules des substances hygroscopiques à se resserrer sous certaines *formes*, lorsque des particules d'eau se sont insinuées entre elles; et aux changemens de position qu'elles éprouvent, lorsqu'à la retraite de l'eau, elles sont forcées de se contracter sous une autre *forme ;* à quoi s'ajoutera ici une remarque essentielle sur la différence d'effet de cette cause dans deux cas très-distincts ; l'un de faire écarter les *molécules* toutes à la fois par l'interposition de quelque autre substance, ce qui est le cas dont il a été question jusqu'ici ; l'autre de les obliger par un effort extérieur, à changer d'arrangement entre elles, comme il arrive quand on *courbe* un *ressort*. J'eus occasion de faire ces expériences, parce que la première hélice que me fit M. Haas se trouvant avoir dans un de ses points, un des petits canaux de l'*os*, se rompit en cet endroit quand je tentai de la redresser dans l'eau ; ce qui me fit penser à employer les deux parties de cette hélice aux expériences suivantes.

503. Dans l'état d'humidité de l'air, le moindre effort pour *courber*, ou ici *redresser* une des portions de cette hélice, la *rompoit;* tandis que je pouvois la *redresser* lorsqu'elle avoit assez séjourné dans l'*eau* pour en être pénétrée.

pénétrée. Voilà le même phénomène que j'ai déjà fait remarquer dans les *plumes*, quoiqu'à un moindre degré, parce qu'elles sont plus *flexibles*. Ces circonstances me portent donc à penser, que la *flexibilité élastique* dépend de deux causes ; l'une, qui produit la *résistance* à la *flexion*, est la *tendance* des *molécules* à conserver leur *arrangement*; l'autre, qui détermine le degré de *flexibilité*, est le degré auquel ces *molécules* peuvent glisser les unes sur les autres, en conservant entre elles quelque contact aux places mêmes que leur assignent leurs propriétés *individuelles*; circonstance, comme je l'ai fait remarquer, d'où dépend la *forme* du solide, à la conservation de laquelle elles tendent toujours. Quand les molécules sont plus rapprochées, elles ne peuvent pas subir autant de *déplacement*, et elles y résistent avec plus de force ; ne pouvant donc ainsi se mouvoir que dans un certain espace, un plus grand effort les sépare entièrement au point où il s'exerce le plus. Ayant laissé séjourner dans l'*eau* l'autre portion de l'*hélice*, je pus la *redresser* aisément, et la charger d'un *poids* qui la tint droite ; je la laissai *sécher* dans cet état, et elle se *raccourcit* beaucoup. Au bout de quelque temps, je la laissai libre, et elle ne

reprit que peu sa *forme*, quoiqu'on l'y vît tendre ; parce que ses molécules étant plus rapprochées, éprouvoient la *friction* dont j'ai déjà parlé, et que j'ai toujours observée dans les *cercles* et *hélices* des diverses substances *végétales* et *animales* que j'ai réduites en *bandelettes* hygroscopiques. Mais lorsque ma *bandelette* d'*os* fut remise dans l'*eau*, elle y reprit bientôt sa première *forme*. Je l'en tirai chargée du même *poids* qu'auparavant; quand elle fut revenue à l'état hygroscopique de l'air, je la chargeai d'un plus grand poids, que j'augmentai par degrés, en l'essayant dans l'*eau*, puis la laissant *sécher*; mais après avoir supporté le dernier poids tandis qu'elle étoit sèche dans l'air, l'ayant plongée dans l'eau, où elle éprouva d'abord un certain degré d'*alongement* par les particules d'*eau* qui s'étoient glissées entre ses *molécules* et avoient ainsi augmenté la *distance* entre elles, elle s'y rompit. Je crois que ces phénomènes distinguent, par leurs *causes*, les deux différens cas de *rupture* d'un même corps, l'un par trop de *sécheresse*, l'autre par trop d'*humidité*.

504. Je reviens aux expériences précédentes. Ayant constamment observé que les corps *fibreux*, tant du règne *végétal* que du

règne animal, différoient peu dans leurs marches hygroscopiques quand ils étoient pris dans le sens du *travers;* tandis que lorsqu'ils étoient employés dans le sens de la *longueur*, leur marche étoit d'autant plus *décroissante*, dès l'origine, comparativement à leur marche commune dans l'autre direction, qu'elle se changeoit plutôt en une marche *rétrograde*, je n'avois pu douter que l'*hygromètre* ne dût être fait d'une *bandelette* coupée *en travers* des fibres de quelqu'un de ces corps, en choisissant celui qui manifesteroit le plus de *constance* dans sa *marche*, et qui, avec ce premier caractère, auroit le plus d'*expansibilité*. Telles furent donc mes conclusions, lorsque je publiai mes *Idées sur la météorologie;* et mon choix s'étoit déjà fixé sur la *bandelette* de *baleine*.

505. Cependant il me restoit alors à entreprendre des expériences d'un autre genre, que j'avois conçues dès l'origine de mes recherches sur l'hygrométrie, et indiquées dans mon Mémoire de 1773. J'avois exprimé dès lors mon doute, qu'on pût attendre immédiatement d'aucun *hygromètre*, que la marche de ses *expansions* fût proportionnelle aux degrés réels de l'*humidité*, et proposé

en même temps de la comparer aux augmentations de *poids* qu'éprouveroit dans le même air, une masse de la même substance hygroscopique dont il seroit fait. Il étoit plus aisé de concevoir ce projet que de l'exécuter, comme je l'apperçus dans une première tentative; de sorte qu'entraîné par les expériences précédentes, j'avois toujours renvoyé celle-là, parce qu'elle exigeoit d'abord une balance très-sensible, qui pût indiquer d'elle-même les augmentations de *poids* dans un appareil propre à les suivre dès la *sécheresse extrême;* et qu'il falloit de plus que les *hygroscopes* à *expansion* faits des mêmes substances, fussent amenés à un grand degré de *sensibilité*. Mais lorsque M. DE SAUSSURE eut élevé des objections contre la marche de mon *hygromètre*, je sentis la nécessité de joindre ces expériences à des observations plus précises sur les *marches* des *fils* et des *bandelettes*, et je cherchai les moyens d'y parvenir.

506. Ce sont les mêmes expériences dont j'ai déjà fait mention sous un autre point de vue au ch. de l'HYGROLOGIE (§§. 239 et suiv.); et à cette occasion j'ai décrit les *fléaux* dont je me servois, ainsi que l'appareil dans lequel elles furent faites; en même temps que celles

qui regardoient les *expansions ;* car ces deux classes d'expériences marchoient de concert, et je n'ai décrit séparément celles-là, que pour montrer qu'elles suffisoient seules pour établir mes conclusions, sans qu'il fût besoin de la vérification par les *poids*, que je n'avois pas encore faite.

507. J'ai déjà dit aussi, en parlant de ces expériences, que je faisois des *houpes*, ou *franges*, des substances que je voulois suspendre à mes *fléaux ;* afin que l'*humidité* pût les pénétrer aisément. Enfin j'ai expliqué encore, que par un *curseur* sur le *fléau*, je le mettois d'abord en équilibre avec ces *houpes*, et que par un autre curseur sur l'*index*, je l'ajustois pour qu'il parcourût son échelle par la différence de poids que m'avoit indiquée une expérience préliminaire, que voici. J'enfermois dans l'appareil la substance que je voulois éprouver, avec l'hygroscope à bandelette de baleine ; puis j'y faisois augmenter l'*humidité* à un certain point, par l'introduction d'un *linge mouillé*. Quand les instrumens étoient fixes, je voyois, par la quantité du mouvement de l'*index* du fléau, comparativement à celui de l'hygromètre, si le premier avoit le degré de résistance convenable, ou s'il exigeoit quelque changement. Quand

l'index étoit ainsi ajusté, je l'amenois, par le *curseur* du *fléau*, au point correspondant à l'indication de l'hygroscope; et tout étoit prêt alors pour l'expérience, dont la marche étoit la même que celle des précédentes, puisqu'elles se faisoient en même temps.

508. Ces opérations, comme je l'ai dit, n'étoient portées que jusqu'à 85°. de la bandelette de baleine; à cause des irrégularités que le moindre réfroidissement (qu'il est bien difficile de prévenir lorsqu'on veut observer par une température déterminée), produit toujours, quand l'humidité passe ce point. Mais tandis que je pouvois completter la marche des *expansions*, soit dans l'*eau*, soit à la *rosée* croissante jusqu'au *maximum*, ces moyens ne pouvoient me servir pour les *poids;* car quant à la *rosée* même, des balances aussi délicates ne peuvent servir à l'air libre, quelque calme qu'il paroisse. J'étois donc obligé d'ajouter les 3 derniers termes, d'après ceux qui avoient précédé. Mais je dois expliquer plus particulièrement, la manière dont je rendois les observations des *poids* immédiatement comparables à celles des *expansions*.

509. Par l'ajustement préliminaire des fléaux, quand la *sécheresse extrême* étoit

produite, leur index se trouvoit près du commencement de l'échelle, dont les parties numérotées, n'étoient destinées qu'à indiquer les *rapports* qu'avoient entre eux les mouvemens de l'index. Je notois ce premier point, puis successivement tous les autres, de 5 en 5 degrés de l'hygroscope de baleine jusqu'au 85e. Les *différences* de ces nombres successivement additionées, me fournissoient la marche de l'*index* du fléau, à partir de la *sécheresse extrême*, dont le point étoit ainsi o; puis, y ajoutant 3 termes, d'après ce que les précédens indiquoient de la marche vers cette période, je la complettois, en degrés de la même échelle, jusqu'à l'*humidité extrême*. Nommant alors 100 le dernier terme, je changeois tous les autres termes, dans la même proportion. Par ce moyen, conservant entre les nouveaux termes les mêmes rapports qu'avoit fournis l'expérience, la *marche* des *poids* devenoit immédiatement comparable à celle des *expansions* des mêmes substances, observées en même temps.

510. Je donnerai d'abord séparément celles de ces expériences qui concernent les *cheveux* et la *pitte*, parce qu'on ne peut observer ces substances que dans le sens de la *longueur* des *fibres*. La TABLE VI renferme

les augmentations de *poids*, correspondantes aux *expansions* de ces deux substances. Les *cheveux* suspendus au fléau, de même que celui dont je mesurois l'*expansion*, étoient *lessivés* comme le prescrit M. DE SAUSSURE. J'ai joint à cette TABLE des colonnes de *différences*, par lesquelles on peut comparer immédiatement les *pas* correspondans des *expansions* et des *poids*, par les mêmes accroissemens de l'*humidité* de 5 en 5 degrés de la bandelette de baleine.

511. La marche du *cheveu* qui se trouve dans cette TABLE, est celle d'un autre individu que celui dont je l'ai donnée dans la TABLE V; il y a de petites différences, mais on peut en observer d'égales dans la marche d'un même individu en différentes expériences; comme cela arrive à tous les autres *fils*, ainsi qu'aux *bandelettes*, à cause de la *friction* intérieure. La marche du *fil* de *pitte* ayant ici une colonne de *différences*, on y voit le même symptôme que dans celles des *fils* de *sapin* et de *plume* dans les TABLES II et III; c'est-à-dire, deux *rétrogradations* anticipées, durant un long état de *lutte* en les deux effets opposés qui se combinent dans toute la marche. J'ai déjà fait observer la même chose dans le *piquant de*

porc-épic, et on peut la découvrir dans la marche de tous les *fils*, même dans celle des *bandelettes* (qui participe à quelque degré à la même cause), en prenant les *différences* des *différences*, jusqu'à ce que les *anomalies* se manifestent par des *différences* entremêlées de *signes* contraires : il s'en manifeste de telles, dès les secondes *différences* du *fil* de *baleine* et du *cheveu*, et elles se multiplient dans les troisièmes. J'ai dit que la marche des *bandelettes* participe à la même cause ; c'est-à-dire, que quoiqu'on y observe l'expansion dans le sens du *travers* des fibres, je sais par d'autres expériences dont j'aurai occasion de parler, que l'*alongement* de celles-ci, ou l'*élargissement* de la bandelette, a quelque influence sur leur marche, et cet effet s'y complique par la *friction* ; mais il faut porter plus loin les *différences* des *différences*, pour que ces *anomalies* se manifestent.

512. Par ces expériences sur deux *fils*, l'un animal et l'autre végétal, dont les *marches* diffèrent beaucoup en *degré* dans le même caractère *générique*, nous voyons déjà certainement, que ce qui constitue ce caractère, est une marche d'abord *décroissante*

suivie d'un état presque *stationnaire*, puis d'une *rétrogradation* plus ou moins grande comparativement à la *marche* des *bandelettes;* et que cet effet procède de ce qu'on y mesure l'*expansion* suivant la *longueur* des *fibres*, qui dans ce sens, est loin d'être proportionnelle aux quantités d'*eau* qui pénètrent la substance, dont ici nous avons la connoissance immédiate. La *bandelette* de *baleine* n'est encore qu'au 50e. degré de son échelle, quand le *cheveu* a déjà des pas fort raccourcis, comparativement aux siens, quoique ce soit alors au contraire, que la quantité d'*eau* qui continue de le pénétrer devient plus grande. L'introduction de l'*eau* marche à pas plus égaux dans la *pitte*, et presque proportionnellement aux *expansions* de la *baleine;* tandis que son *fil*, après avoir eu une marche irrégulièrement *décroissante*, puis alternativement *rétrograde* et *progressive* comparativement aux quantités d'*eau* qui le pénètrent, prend enfin une marche décidément *rétrograde* à l'époque même où l'introduction de l'*eau* commence à croître.

513. Cette expérience confirme donc directement, ce que les considérations seules tirées des *marches* comparatives des *fils* et des

bandelettes m'en avoient fait conclure lorsque je publiai mes *Idées sur la météorologie*. Je pourrois aussi comparer immédiatement les augmentations de *poids* aux *expansions* dans les quatre autres expériences semblables sur des *fils*, dont deux de substances animales, la *baleine* et la *plume*, et deux de substances végétales, le *buis* et le *sapin;* mais comme j'ai observé en même temps les *marches* de leurs *bandelettes*, et que ce que nous avons déjà vu en faveur de celles-ci, doit maintenant fixer notre attention sur elles, je leur comparerai immédiatement ces augmentations de *poids*, sans charger la TABLE de la marche de leurs *fils*, qu'on peut trouver d'ailleurs dans la TABLE V.

514. Ces quatre expériences sont rassemblées dans la TABLE VII, à laquelle j'ai ajouté des colonnes de *différences* pour les *expansions* et les *poids*, afin qu'on puisse en comparer immédiatement les marches pour chaque substance. J'y ai joint aussi la marche des *expansions* d'une autre *bandelette* dont je n'ai pas observé les augmentations de *poids;* elle est d'un gros *piquant de porc-épic*, coupée et préparée à la manière de la bandelette de *plume*. Enfin j'ai ajouté à cette

TABLE deux colonnes générales, dans l'une desquelles j'ai placé les *expansions* moyennes des 5 *bandelettes*, et dans l'autre les acquisitions moyennes de *poids* de 4 de ces substances dont je les ai observées.

515. Ces expériences fixeront maintenant les idées sur la classe des *bandelettes ;* car, comme je l'ai dit, j'en ai éprouvé un grand nombre d'autres espèces, soit dans les variations ordinaires d'humidité de l'air, soit à la *rosée* croissante, et je n'en ai trouvé aucune qui différât essentiellement de l'ensemble de celles qu'on vient de voir; ce qui fournit une idée précise de leur classe, quant au rapport de leurs *expansions* avec les augmentations de l'*humidité*, en supposant celles-ci proportionnelles aux augmentations de *poids*, ce que nous pouvons admettre pour le présent. Or on voit en général, qu'aucune ne s'écarte beaucoup d'avoir des *expansions* proportionnelles aux quantités d'*eau* qui pénètrent leur substance ; que leurs premiers pas à partir de la *sécheresse extrême*, ont moins d'écarts que ceux des *fils ;* et que bien loin qu'ils s'accélèrent comparativement aux quantités d'*eau* qui les pénètrent aux approches de l'*humidité extrême;*

ils se ralentissent au contraire un peu ; rapport qui confirme entièrement ce que j'avois jugé d'après leur *marche*.

516. J'avois aussi, dans mes *Idées sur la météorologie*, exposé une théorie sur la cause de cette différence si remarquable des *marches* des *bandelettes* et des *fils* des corps *fibreux*, et je la répéterai, en l'accompagnant de nouvelles preuves.

517. J'ai commencé ici l'exposition de ces phénomènes en faisant remarquer, que s'il n'y avoit qu'un *ralentissement* successif dans les expansions des *fils*, comparativement à celles des *bandelettes*, et qu'on n'eût aucun autre moyen de connoître les *progrès* de l'*humidité*, ce rapport des *marches* des deux classes d'hygroscopes ne nous apprendroit rien, quant aux rapports, qu'elles ont respectivement avec leur cause commune ; parce que la comparaison de l'une, avec des pas de l'autre égaux entre eux, est en elle-même arbitraire. J'aurois pu en effet, en prenant inversement le point de comparaison, observer une marche *croissante* des *bandelettes* comparativement à celle des *fils*, sans qu'il y eût eu de changement dans la nature du phénomène, qui en lui-même ne décide rien. Mais la marche *décroissante* des *fils*

se changeant dans l'observation en marche *rétrograde*, ce fut pour moi l'indice certain d'une cause, qui avoit agi plutôt, et rendu ainsi *décroissante* la marche antérieure, comparativement à des changemens de l'*humidité* égaux entre eux.

518. Ce phénomène étant présent à mon esprit tandis que je réduisois en *fil* un de ces corps fibreux, j'observai qu'aucun *faisceau* de *fibres* ne pouvoit être séparé de la masse, sans qu'il ne s'y fît des *ruptures* dans toute sa longueur. Je voyois ainsi de petits *faisceaux*, dont partie appartenoit à celui que je voulois séparer et partie à la masse, se rompre dans cette séparation; et devenu plus attentif à cette circonstance, je vis que de pareilles *ruptures* avoient lieu jusqu'aux plus minces brins que je détachois du *faisceau* que je conservois, en l'amincissant de plus en plus jusqu'à la grosseur d'un crin. Enfin j'eus lieu de comprendre, que les *fibres* proprement dites échappoient à ma vue; que les plus petits filamens, formant comme des poils à la surface des parties séparées, et indiquant les *ruptures* des brin squi avoient commencé à se détacher des deux parts, étoient encore des *faisceaux*. Qu'ainsi les *fibres* elles-mêmes échappoient à nos moyens de

division, et qu'elles formoient entre elles dans les *fils*, un tissu à *réseau*, étant unies en plusieurs points, soit par anastomose ou de quelque autre manière; que l'organisation de ce *tissu* étoit très-reculée quant à l'observation, même avec une forte loupe, et qu'elle s'étendoit en tout sens dans la masse, passant à travers toutes les couches, ou lames de différentes consistances; comme, par exemple, au travers des couches concentriques plus dures dans quelques bois, et des lames de la baleine; car dans quelque sens qu'on *fende* ces corps, on n'en sépare point des parties, sans les petites *ruptures* dont je viens de parler. Je me représentai alors ce qui arrive à un *réseau* ou *filet*, dont on élargit les *mailles*; c'est qu'il se *raccourcit* : et considérant que l'eau ne peut atteindre les *fibres* intérieures d'un *fil*, qu'en traversant les *mailles* des précédentes *fibres*, j'y vis une cause de *raccourcissement*, à mesure que l'eau, pénétrant les *fibres* et les *alongeant*, tendoit à *alonger* le *fil*.

519. D'après cette idée générale, la première quantité d'*eau* que reçoivent ces substances, traverse sans doute les *mailles*, pour arriver aux *fibres* intérieures; mais elle n'y demeure pas, parce que c'est alors qu'elle

a la plus forte tendance à s'introduire entre les *molécules* dont les *fibres* elles-mêmes sont composées, ce qui les *alonge ;* et elles sont encore trop *rigides*, pour que l'eau les courbe sensiblement et élargisse ainsi leurs *mailles*. C'est donc dans cette première période, que les *fils* s'alongent le plus ; mais à mesure que les *fibres* sont pénétrées par l'*eau*, elles deviennent plus *souples ;* et l'eau, dont la tendance à se glisser entre leurs *molécules* diminue par degrés, s'accumule de plus en plus dans les *mailles* qu'elles forment entre elles, et les élargit ; par-là elle tend à rapprocher les *points de jonction* d'où résulte le *réseau*, à mesure que l'*alongement* des *fibres* tend à les éloigner. Les *alongemens* successifs du *fil* deviennent donc de plus en plus *décroissans*, comparativement aux quantités d'*eau* qui le pénètrent ; parce que ces quantités s'emploient en portions toujours plus grandes, à augmenter son *épaisseur ;* tellement qu'enfin, à une époque qui, suivant la nature de ces corps, est plus ou moins éloignée de leur *maximum* d'expansion totale, les *fibres* plus assouplies, permettent tellement à l'*eau* d'élargir les *mailles*, que leurs *points de jonction* se rapprochent plus par cet effet de l'*eau*, qu'ils

qu'ils ne s'éloignent par l'alongement continué des *fibres ;* ce qui produit la marche *rétrograde* des *fils.*

520. Cette marche peut être très-différente en différens corps *fibreux,* suivant diverses circonstances, telles que la grandeur des *mailles*, leurs différens *ordres* dans les mêmes corps, le degré originel de *souplesse* des *fibres*, leur *susceptibilité* à être alongées par l'eau, le rapport de leurs alongemens successifs avec les quantités d'eau qui les pénètrent, le degré de *gonflement* qu'elles éprouvent elles-mêmes, et d'autres circonstances peut-être. Il faudroit, par exemple, bien des circonstances réunies, pour expliquer une *marche* telle que celle du *fil* de *buis*, qui, bientôt après les premiers symptômes d'*alongement* de ses *fibres*, manifestés par son propre alongement, ne laisse plus appercevoir que l'effet de l'*élargissement* de ses *mailles*, par lequel il se *raccourcit* de plus en plus jusqu'au *maximum* de l'*humidité.*

521. Mais tandis que la *marche* des *fils*, soumise ainsi aux effets combinés de deux causes opposées qui suivent des loix différentes, ne sauroit servir immédiatement à mesurer l'*humidité*, ni même à donner une

juste idée de ses *extrêmes;* la marche des *bandelettes*, qui ne procède sensiblement que du plus grand de ces effets, celui de l'*élargissement* des *mailles*, doit nous donner une idée, sinon précise, du moins toujours vraie de ses *progrès*, dès leur commencement jusqu'au *maximum;* et c'est ce que nous avons vu confirmé par l'expérience directe de l'augmentation du *poids*.

522. Quand la *rétrogradation* du thermomètre d'*eau* m'eut fait conjecturer que la sortie du *feu* y produisoit deux effets opposés; l'un, commun à tous les corps, qui tendoit à diminuer le volume de l'*eau;* l'autre qui, tendant à fin contraire dès ses premières condensations, la faisoit enfin dilater avec effort quand elle se gèle, j'examinai attentivement sa marche dans ses dilatations et contractions, pour tâcher d'appercevoir quelque *lutte* entre ces deux effets, qui rendît cette marche *vacillante :* mais je n'apperçus rien de ce genre qui ne pût être attribué à l'adhésion de l'eau au verre; sans doute parce que les deux effets marchent d'un même pas, et que les molécules *liquides* n'ayant aucune *friction* perceptible entre elles, exercent librement toutes leurs tendances. Mais il n'en est pas ainsi des molécules *solides;* de sorte

que j'apperçus bientôt cette *lutte* continuelle entre les deux *effets* opérés dans les *fils*.

523. Quand un hygroscope bien sensible de cette classe (le *cheveu*, par exemple, ou les *fils* de *plume* et de *baleine*), est transporté d'un lieu dans un autre d'un degré d'*humidité* très-différent, dont un hygroscope aussi très-sensible, indique l'état et y reste fixe; l'index du *fil* apporté dans ce lieu, s'avance vers le nouveau point à la manière dont on avance en montant une colline rapide couverte de sable mouvant : sa marche progressive est entrecoupée de *suspensions* et de *reculs;* et pour l'ordinaire il dépasse d'abord un peu le point où il se fixera, puis y revient. Dans les deux cas de changement, en augmentation ou diminution de l'*humidité*, le premier effet qu'on observe est celui qui affecte les *fibres* elles-mêmes, déjà modifié sans doute par l'effet contraire résultant des *mailles ;* mais ce dernier est modifié par les *frottemens*, qui l'empêchent de suivre l'autre d'une manière uniforme; il s'opère ainsi de temps en temps par *sauts*, comme il arrive à la poulie d'un bac, qu'on voit rouler par sauts sur la corde qui le retient tandis qu'il traverse la *rivière;* et l'effet de cette cause

de *raccourcissement* étant plus lent que l'autre, il est le dernier qu'on apperçoive.

524. Ce retardement des modifications des *mailles*, comparativement à celles des *fibres* elles-mêmes, se voit principalement quand un *fil* est dans son état presque *stationnaire :* on voit, dis-je alors, que les *fibres* ne cessent pas de s'alonger ou de se raccourcir par les variations de l'*humidité*, mais que les effets contraires sur la longueur du *fil*, par les modifications des *mailles*, sont près d'égaler celui-là; ce qu'on observe, parce que les deux effets ne s'exécutent pas dans le même temps. Lorsqu'un *fil* est dans cet état, et qu'il arrive un petit changement subit de l'*humidité*, s'il étoit seul à l'indiquer, on croiroit qu'il est bientôt suivi d'un changement contraire ; mais une *bandelette* observée en même temps, montre que l'*humidité* n'a changé que dans le premier sens indiqué par le *fil*. C'est ce que j'ai observé très-souvent en plein air, en temps couvert et par un petit vent, ayant auprès l'un de l'autre des hygroscopes très-sensibles à *bandelette* et à *fil*.

525. Les *cadres* que j'ai décrits au §. 253, m'ont fourni un phénomène absolument ana-

logue à celui-là. Nous avons vu, que ce qui affecte immédiatement la *longueur* des *fils*, est la *distance* des *points de jonction* de leurs *fibres*, augmentée par l'*alongement* des *fibres* elles-mêmes, et diminuée par l'*élargissement* des *mailles*. Dans ces *cadres*, il y avoit une certaine *distance*, que leur construction tendoit à conserver la même, malgré les changemens de la *chaleur;* c'étoit celle de l'axe qui portoit l'index, au point où les corps hygroscopiques étoient fixés dans le bas. Prenons le cas de l'augmentation de la *chaleur*. La dilatation des baguettes de *verre* dont ces *cadres* étoient faits, tendoit à augmenter cette *distance;* mais la dilatation plus grande de la lamelle de *laiton* qui, descendant le long d'une de ces baguettes, remontoit du bas en passant sur une bascule, et à laquelle le corps hygroscopique étoit fixé, rétablissoit la même *distance*. L'effet étoit inverse dans la diminution de la *chaleur*, et ainsi cette *distance* restoit la même dans toutes ses variations, de la même manière dont on rend fixe la longueur du pendule.

526. Ces *cadres* me servoient en particulier à observer les effets de la *chaleur* seule sur les corps hygroscopiques, lorsque l'*humidité*

étant *nulle* ou *extrême*, ne pouvoit y apporter aucun changement; et c'étoit même, comme je l'ai expliqué, un *critère* de l'existence de ces deux états. Quelques *fils*, tels que ceux de *sapin* et de *pitte*, et sur-tout le premier, n'éprouvent aucun changement sensible par ceux de la *chaleur*, et c'est en les soumettant à cette expérience dans des vases, soit pour la *chaux*, soit pour l'*eau*, proportionnés à mes grands *cadres*, que j'observois l'effet dont il s'agit. Quand l'*index* étoit fixe à la température de la chambre, je faisois beaucoup augmenter la *chaleur* de l'un ou de l'autre de ces vases, et aussitôt l'*index* se mouvoit comme si le *fil* se fût alongé; parce que l'alongement plus prompt de la lamelle de *laiton* produisoit la compensation de celui de la baguette de *verre*, avant qu'il fût entièrement effectué : mais quand la *chaleur* cessoit d'augmenter, l'alongement du *verre* se complettoit, et la *distance* fixe des *points* se rétablissant ainsi, l'*index* reculoit presque au point d'où il étoit parti; la différence qui s'y trouvoit indiquant alors l'effet produit par la *chaleur* sur le *fil* lui-même. C'est-là, dis-je, un effet entièrement analogue à celui qui est produit sur les

fils dans la période de leurs modifications où ils sont presque *stationnaires*, et où les deux causes qui agissent sur eux se rendent sensibles par la différence qui se trouve dans la *célérité* de leurs effets; circonstance absolument distincte de la *quantité* même des effets, dont les différences progressives produisent enfin la *rétrogradation*.

527. Je vais donner encore un exemple de ce dernier phénomène des *fils*, par un cas où l'on peut l'augmenter à volonté; c'est en les *tordant* : l'*humidité*, en pénétrant leurs *fibres*, tend toujours de même à les alonger; mais alors elle n'élargit pas seulement leurs *mailles*, elle *gonfle* les *cordelettes* qu'on en forme; ce qui tend à les *accourcir*, et d'autant plus qu'on les *tord* davantage. Les *fils* de *boyau* et de *chanvre* non-*tordus*, sur-tout le dernier, n'ont pas une *rétrogradation* bien grande; mais quand on les *tord*, elle commence plutôt; et en les tordant successivement davantage, je suis arrivé très-près du point où, *rétrogradant* au milieu de leur marche, leur longueur seroit devenue la même par les deux *extrêmes* de l'*humidité*. Mais à mesure que j'avançois vers ce point par des essais, les frottemens croisssoient dans ma machine; d'abord, par le moyen que

j'employois pour empêcher les cordelettes de se *détordre* ; à quoi servoient deux petites chevilles, qui les traversoient en haut et bas, s'appuyant contre une pièce solide du cadre, et dont celle d'en haut, qui devoit monter et descendre, éprouvoit beaucoup de frottement : mais le plus grand obstacle à atteindre le point dont je viens de parler, procédoit de la tension qu'il falloit donner aux cordelettes pour les conserver droites, à mesure qu'elles étoient plus fortement tordues ; ce qui gênoit beaucoup le mouvement de l'axe et courboit même enfin ses pivots. Il auroit fallu construire une machime exprès pour pousser jusqu'au bout cette expérience ; mais je l'avois portée assez loin pour avoir obtenu une confirmation de la théorie des deux effets opposés qui agissent sur la *marche* des *fils* eux-mêmes.

528. Je conclurai donc ici sur ces phénomènes hygroscopiques des substances *fibreuses*, tant *animales* que *végétales* : — 1°. Que l'introduction de l'*eau* entre les *molécules* dont leurs *fibres* sont composées, alonge celles-ci. — 2°. Que l'*eau*, en s'accumulant aussi dans les *mailles* du *réseau* qu'elles forment entre elles et les élargissant, tend à rapprocher leurs *points de jonc-*

tion; et que c'est-là la cause de la marche *décroissante* des *alongemens* des *fils*, suivie de *rétrogradation*, comparativement aux quantités d'*eau* qui les pénètrent. — 3°. Que la tendance des *molécules* de ces substances à prendre le plus petit *volume* sous une certaine *forme*, résiste à cette introduction de l'*eau;* et que quoique ce soit de moins en moins, à mesure que par sa pénétration, leurs *centres* se trouvent plus *distans* les uns des autres; comme l'*eau* tend aussi de moins en moins à les pénétrer, et dans une proportion plus grande, à mesure qu'elle y est plus accumulée, ces substances ont un *maximum* d'expansion hygroscopique. — 4°. Qu'à mesure que l'*eau* les abandonne par *évaporation*, quelque temps qu'elle ait séjourné, soit dans les *fibres* même entre leurs *molécules*, soit entre les *fibres*, elles obéissent de nouveau à leur tendance d'occuper le *plus petit espace*, sous leur *forme* particulière. — 5°. Enfin, que ces mouvemens internes, soit dans l'expansion, soit dans la contraction, ne sont pas absolument libres; que les *molécules* et les *fibres* éprouvent entre elles une *friction* d'autant plus grande, que la substance est plus près de son moindre volume.

529. Arrêtons-nous encore un moment à considérer cette constitution des *corps organisés* de l'un et l'autre *règnes*, objet de physiologie bien digne d'attention. Nous y voyons une classe de *molécules*, appartenantes aux deux règnes, qui, malgré cette première distinction, et la variété de leurs espèces dans chaque règne, ont néanmoins en commun, la propriété de se réunir sous la forme de *fibres*, et ces *fibres* sous celle de *réseau*, avec certaines *formes* extérieures qu'elles tendent toujours à conserver sous le plus petit *volume*. L'eau peut bien augmenter le *volume* de ces corps, en s'insinuant, soit entre les *fibres*, soit entre les *molécules* qui les composent; mais il y a une borne à cet effet, et dès que l'*eau* se retire, les déplacemens se réparent à proportion de sa retraite. Cette opération de l'*eau* est purement mécanique; ni les *fibres*, ni les *molécules* elles-mêmes n'en sont altérées; j'ai depuis 20 ans des hygroscopes de nombre de sortes, qui éprouvent encore ces vicissitudes comme le premier jour.

530. Que nous apprend l'analyse chimique, qui puisse expliquer la formation de telles *molécules*? Rien absolument. Nous tirons

de ces substances certains ingrédiens connus, dont plusieurs sont communs au règne minéral, mais nous sommes incapables de produire rien qui en approche ; leur formation est enveloppée du voile mystérieux qui couvre encore et couvrira probablement pour toujours, la *végétation* des plantes et la *nutrition* des animaux. Quant à la composition même de ces *molécules*, leur propriété distinctive que je viens de définir, doit dépendre de l'addition à leurs ingrédiens connus, d'autres ingrédiens qui échappent à notre observation. Combien donc est vaine jusqu'ici, l'entreprise de fixer le catalogue des substances qui concourent aux phénomènes physiques sur notre globe !

531. Dans le cours de ces expériences il me parut intéressant d'observer aussi, dans le sens de la *longueur* et *en travers*, des corps organisés qui ne sont pas sensiblement *fibreux*, tels que l'ivoire, la corne et l'écaille. Je fis pour cet effet deux hygroscopes d'*ivoire*, l'un d'une *bandelette* faite d'un cercle coupé à la base d'une dent, l'autre d'un *fil* coupé dans sa longueur. J'en fis aussi deux de *corne*, l'un d'une hélice coupée à la base d'une corne de bœuf, l'autre d'un *fil* pris dans sa longueur.

Je ne pus pas en faire de même à l'égard de l'*écaille*, n'ayant pu en trouver une pièce brute assez large; je me bornai donc à un hygroscope de cette sorte tiré de la *longueur* d'une pièce. Ces 5 hygroscopes étant finis, avec leurs deux *points fixes*, je les observai, conjointement avec la *bandelette* de *baleine*, dans le même appareil; et l'on trouve leurs *marches* correspondantes dans la TABLE VIII.

532. On voit encore ici le caractère dépendant de l'*organisation :* l'*ivoire* et la *corne*, prises dans le sens de la *longueur*, ont une marche *décroissante*, comparativement aux pièces coupées *en travers;* et la différence est plus grande dans la *corne*, qui est plus sensiblement *fibreuse*. L'hygroscope d'*écaille*, coupé dans la *longeur* d'une pièce brute, participe plus à ce caractère que l'*ivoire*, et moins que la *corne*, comme elle est moyenne aussi quant à l'apparence *fibreuse*. Mais ces *marches décroissantes*, comparativement à celles des pièces coupées *en travers*, n'ont pas l'excès qui caractérise les substances décidément *fibreuses ;* savoir, la *rétrogradation* de leurs *fils ;* elles continuent d'être sensiblement *progressives* jusqu'à l'*humidité extrême*, qui produit aussi le *maximum* d'expansion

de ces corps; et je n'ai pas apperçu de *vacillation* sensible dans leur marche.

533. Toutes les expériences que j'ai rapportées dans ce chapitre, ayant eu pour but dès leur commencement, une détermination sûre de l'espèce de corps hygroscopique qui convenoit à l'HYGROMÈTRE, et de la dimension suivant laquelle il falloit mesurer leurs *expansions;* après les phénomènes qui me montrèrent bientôt, qu'il falloit les mesurer dans le sens du *travers*, deux propriétés essentielles de la *bandelette* de *baleine*, avoient déjà fixé mon choix au temps de la publication de mes *Idées sur la météorologie;* et je les rappellerai ici, parce qu'elles se sont soutenues dans tous le cours de mes nouvelles expériences.

534. De tous les corps hygroscopiques que j'ai éprouvés, la *baleine* est celui qui exige le moins de soin pour déterminer son degré de *tension*. La plupart des autres corps ne doivent être *tendus* qu'à un certain degré, sans quoi ils sont sujets à acquérir un peu de longueur absolue chaque fois qu'on les plonge dans l'eau. Il n'en est pas ainsi de la *bandelette* de *baleine:* sa longueur absolue augmente un peu par une plus forte *tension;* mais fût-elle double ou triple, pourvu qu'elle

n'aille pas jusqu'à rompre la bandelette dans l'eau, elle y revient toujours sensiblement au même point à chaque immersion. Les *fibres* de ce corps sont si fermes, et leurs points d'adhésion si multipliés et si solides, qu'elles résistent finalement à l'introduction de l'*eau*, soit dans elles-mêmes, soit entre les *mailles* de leur *réseau*, long-temps avant que leur tendance à occuper le plus petit volume soit sensiblement détruite par une trop grande *distance* des *centres* de leurs molécules; de sorte qu'elles peuvent résister encore à un grand accroissement d'effort extérieur tendant à les séparer.

535. Cette circonstance est d'autant plus remarquable du côté physiologique, que l'*expansibilité* hygroscopique de la *bandelette* de *baleine* est la plus grande que j'aie trouvée dans aucun corps; et cette propriété fut la seconde qui détermina mon choix, parce qu'à plus d'un égard elle est très-utile pour l'*hygromètre*. La longeur d'une de ces *bandelettes* passant de la *sécheresse* absolue à l'*humidité extrême*, augmenta d'environ une *neuvième* partie; et cette propriété, non plus que la précédente, ne changeant point, quelque mince qu'on rende la *bandelette*, je suis parvenu par degrés à en faire dont

le poids n'excède pas un *huitième* de grain; et la perfection de la partie méchanique de la monture y ayant été ajoutée par M. HAAS, la longueur de l'instrument a été réduite à 6 pouces. Par cette propriété encore l'hygromètre peut être observé par un assez grand vent, sans que les oscillations de la *bandelette* produisent dans l'*index* des mouvemens bien sensibles; parce que le diamètre de l'*axe* étant déterminé d'après la grande *expansibilité* de la *bandelette*, les mouvemens en degrés de cercle qu'y occasionnent ces oscillations sont très-petits.

536. Tels furent mes premiers motifs de détermination dans le choix de la *bandelette* de *baleine*; et mes nouvelles expériences y ont joint celui de sa *marche*, qui est très-près d'être proportionnelle à celle de l'*humidité*. On voit dans la TABLE VII, que les *expansions* de cette *bandelette* sont celles qui approchent le plus d'être proportionnelles aux augmentations de *poids*; ce qui commençoit de fournir un moyen de mesurer les quantités d'eau en vapeur contenues dans l'air, mais ce n'étoit pas le seul qu'il falloit obtenir pour cet effet, comme on le verra dans la suite.

537. C'est d'après l'accord de toutes les

bandelettes, et le témoignage non moins évident des *fils* à grande *rétrogradation*, quoique leur marche soit alors inverse, que j'avois déterminé ce point d'*hygrologie*, que le *maximum* de l'*évaporation* dans un espace clos, contenant toujours de l'*eau* surabondante, n'étoit que dans un cas le même que le *maximum* de l'*humidité*; savoir dans une *température* qui approche de la *congélation*. Qu'à ce point, la *densité* de la *vapeur aqueuse* produite au *maximum*, quoique moindre qu'elle n'est à une *température* plus élevée, se trouvoit celle qu'elle ne pouvoit dépasser sans qu'il ne s'en précipitât une partie; et qu'alors aussi elle fournissoit immédiatement à la substance de l'*hygromètre*, la quantité d'*eau* nécessaire à son *maximum* d'*expansion*; ce qui constitue l'*humidité extrême*, dont ce point de l'*hygromètre* est le signe. Mais que dès que la *température* étoit plus élevée, quoique la *densité* de la *vapeur* fût plus grande à son *maximum* de *production*, elle restoit au-dessous de son *maximum* de *conservation*, soit de l'*humidité extrême*; et d'autant plus, malgré l'augmentation croissante de la *densité* absolue, que la *chaleur* devenoit plus grande.

538.

538. Telle fut une des propositions hygrologiques que je conclus des expériences rapportées dans mes *Idées sur la météorologie ;* mais M. DE SAUSSURE la contesta dans sa *Défense de l'hygromètre à cheveu ;* et c'est ce qui m'a engagé dans toutes les expériences qui ont fait le sujet de ce chapitre. Car ma considération pour le caractère et les talens de ce célèbre physicien, en même temps que l'importance de la proposition, ne me permettoient pas de passer légèrement sur les interprétations qu'il avoit données à mes expériences, quoiqu'il n'eût pas répété celles-ci pour les mieux étudier.

539. Ce dissentiment n'est provenu que de ce que M. DE SAUSSURE, ayant trouvé dans le *cheveu* un corps hygroscopique tout prêt et très-sensible, s'y fixa; et qu'il étudia ensuite seulement la meilleure construction de cet hygroscope, pour l'employer aux importantes expériences et observations publiées dans ses *Essais sur l'hygromètrie*, sans avoir comparé la *marche* de son instrument à celle d'aucun autre hygroscope ; au lieu qu'après la publication de mon premier Mémoire sur l'*hygrométrie*, antérieure de dix ans à la sienne, je faisois à Londres une étude très-

laborieuse de ces *marches*, à cause des conséquences hygrologiques et hygrométriques que leurs différences m'avoient fait appercevoir.

540. L'un des motifs donnés par M. DE SAUSSURE, d'avoir abandonné l'immersion dans l'*eau*, qu'il avoit d'abord adoptée pour donner à ses hygromètres le point de l'*humidité extrême*, étoit une *friction* supposée du *cheveu* dans l'*eau*, à laquelle il attribuoit une indétermination de près de 4 degrés dans ce point, pris à diverses fois. J'eus recours à son ouvrage pour y examiner plus particulièrement la construction de son premier hygromètre, qui pouvoit être plongé dans l'eau, parce que l'*index* étoit placé au haut du cadre ; et je vis là des causes de *friction* qui dispensoient d'avoir recours à celle de l'*eau* : toutefois je voulus chercher d'abord si cette cause pouvoit avoir quelque influence; et dans l'expérience que je fis à ce sujet, j'observai un singulier phénomène, qui m'engage à en rapporter les détails.

541. Je pensai d'abord, que si la pesanteur spécifique du *cheveu* étoit plus grande que celle de l'*eau*, ce ne devoit être que d'une petite quantité ; et que si sa *friction* dans

l'*eau* pouvoit y gêner son *expansion* malgré l'effort d'un poids de 3 grains qui le tient tendu, elle devroit l'empêcher d'y descendre par une si petite rupture d'équilibre, puisqu'il faudroit qu'il déplaçât l'eau. J'employai à cette expérience un vase de verre de dix-huit pouces de hauteur; et l'ayant rempli d'eau, je l'exposai au grand jour sur une fenêtre. Je pris alors un *cheveu* lessivé de la manière prescrite par M. DE SAUSSURE, et l'ayant étendu sur l'eau à divers replis, je l'y fis un peu enfoncer pour le mouiller: aussi-tôt il descendit par un mouvement accéléré, et arrivé au fond du vase, il s'y étendit dans toute sa longueur. Convaincu par cette expérience, que la *friction* du *cheveu* dans l'*eau* ne pouvoit gêner son *expansion*, je laissai le vase pour m'occuper d'autre chose.

542. Peu de temps après j'eus occasion de revenir vers la même fenêtre, et jettant les yeux sur le fond du vase, où je comptois de voir le *cheveu*, je ne l'y trouvai plus: il ne pouvoit en être sorti; ainsi je suivis de l'œil toute la hauteur du vase; et enfin je le vis de retour à la surface de l'eau. Surpris de ce caprice, j'examinai le fugitif, et je le trouvai garni de vésicules d'eau, saillantes

à la surface. J'enlevai ces vésicules avec la pointe d'un épingle, et le *cheveu* redescendit au fond du vase, où je continuai à l'observer. Bientôt un de ses bouts fut soulevé par une *bulle d'air* qui s'y forma ; il en parut ensuite sur d'autres parties, qui commencèrent aussi à s'élever, et enfin il quitta en entier le fond du vase, montant avec un mouvement accéléré, en même temps que je voyois les *bulles d'air* se multiplier et grossir sur lui.

543. Après diverses autres épreuves semblables, je laissai ce *cheveu* dans l'eau pendant quelques jours en l'y retenant fixé, pour juger par ce qui lui arriveroit ensuite, si l'*air* qui paroissoit ainsi sur lui, en sortoit, ou s'il procédoit de l'*eau*. Il continua de produire les mêmes phénomènes chaque fois que l'*eau* étoit exposée à une grande lumière, mais sur-tout quand elle recevoit les rayons du soleil. Si alors le *cheveu* étoit laissé libre, il ne pouvoit descendre que rarement jusqu'au fond du vase : quand j'en avois détaché les vésicules à la surface de l'eau, il commençoit à descendre ; mais bientôt quelques *bulles d'air* paroissoient à sa surface, qui ralentissoient sa descente ; il devenoit ensuite stationnaire à quelque point, puis il commençoit à rétrograder, et sa marche s'ac-

céléroit à mesure que les *bulles d'air* se multiplioient et grossissoient sur lui. Dans le même temps je voyois des *bulles* presque imperceptibles sans loupe, répandues dans l'eau et y montant lentement : celles que le *cheveu* rencontroit sur son chemin, s'y attachoient, ou contribuoient à grossir celles qu'il avoit déjà : les vésicules qu'il conservoit lorsqu'il étoit arrivé à la surface, continuant aussi d'y grossir, et la moindre secousse donnée au vase, faisoit paroître une multitude de *bulles* dans toute la masse de l'eau. Je raconte les faits sans les commenter, ce qui n'est pas ici de mon sujet.

544. La liberté des mouvemens du *cheveu* dans l'*eau* par de si petites causes, me confirma dans l'idée que l'indétermination de l'index dans le premier hygromètre de M. DE SAUSSURE, quand il le plongeoit dans l'*eau*, ne provenoit pas de son frottement, mais de celui qu'éprouvoit l'*axe*; il portoit l'index à l'une de ses extrêmités, qui passoit au travers d'une plaque; il étoit chargé d'une assez grosse pince pour tenir le *cheveu*; et le contre-poids qu'exigeoit celle-ci, contribuoit à augmenter la charge : enfin c'étoit encore une lame d'argent, corps trop peu flexible, qui environnoit l'axe. Tout cela, dis-je, occasionnoit

trop de friction, pour qu'un poids excédant seulement de 3 grains, donnât toujours le même degré de tension au *cheveu*. M. DE SAUSSURE corrigea tous ces défauts dans son second *hygromètre ;* mais pour suppléer la lame d'argent, dont la résistance à envelopper l'axe étoit un des plus grands obstacles à la régularité des mouvemens de l'index, et éviter aussi le poids d'une pince et son contre-poids, il fixa le *cheveu* lui-même à l'axe ; et renonçant ainsi à plonger son hygromètre dans l'*eau* pour déterminer le point de l'*humidité extrême*, il trouva convenable de placer l'axe et l'index au bas du cadre. C'est à cette circonstance que j'attribue la principale cause de notre dissentiment ; car lorsque par la meilleure construction de son hygromètre, il auroit pu voir qu'il s'étoit trompé sur la cause de l'indétermination de l'index dans le premier, il ne put plus le plonger dans l'*eau*.

545. D'après l'expérience précédente, je ne doutai point qu'un hygromètre à *cheveu* aussi bien fait que le sien, ne se fixât dans l'*eau* comme tous les autres avec le seul poids de 3 grains. C'est pourquoi j'en construisis deux dont le cadran étoit en haut, avec des *cheveux* lessivés suivant sa méthode ;

je donnai à l'axe toute la liberté nécessaire, et pour y faire communiquer le *cheveu*, j'employai un brin de chanvre aussi mince que lui, dont je savois par expérience que les modifications particulières étoient imperceptibles, vu son peu de longueur. Ces hygroscopes se fixèrent parfaitement dans l'*eau*, mais voici ce que M. DE SAUSSURE auroit observé de plus s'il eût pu faire cette expérience.

546. Quand on plonge dans l'*eau* ces hygroscopes, de même que tous les autres *fils*, l'effet qui, dans une marche graduelle vers l'*humidité extrême*, y produit la *rétrogradation*, s'exécute sous l'apparence d'un *récul*; parce que l'*humidité* y passe rapidement par tous ses degrés jusqu'au *maximum*, toujours précédé du plus grand *alongement* du *fil*; et leur marche aussi est *vacillante* par la *lutte* entre les deux effets opposés. J'ai déjà dit qu'il y a des différences dans ces marches, non-seulement entre les individus des mêmes espèces, mais dans les mêmes individus en différens cas, et mes deux hygroscopes à *cheveu* en seront un exemple. L'un d'eux n'a pour l'ordinaire aucune *rétrogradation* sensible, ni dans l'*eau*, ni par l'*humidité* lentement croissante; ses derniers pas

seulement deviennent très-petits et indéterminés : dès qu'il est dans l'*eau*, son index marche en vacillant jusqu'à un point, autour duquel il a de petits mouvemens, et où enfin il demeure *fixe* : l'autre, dans sa marche, aussi vacillante, dépasse d'abord, tantôt plus, tantôt moins, dans l'étendue de 2 degrés, un point auquel il revient et demeure *fixe*.

547. On ne peut douter que l'*eau* ne produise l'*humidité extrême* dans les corps qui y sont plongés, et que ce ne soit là son dernier effet. Si donc l'hygromètre de M. DE SAUSSURE eût été construit de manière à pouvoir l'observer dans l'eau; qu'il l'y eût ainsi observé à un point *fixe*, mais toujours *précédé* d'un *plus grand alongement* du *cheveu*, quand il avoit une *rétrogradation* sensible, il auroit pu analyser les mouvemens de ces hygromètres sous sa *cloche humide*, et reconnoître ainsi ce que j'avois déjà dit dans mon Mémoire de 1773, que ce moyen n'est point propre à fournir un degré fixe d'*humidité*. Mais son premier hygroscope ne se fixant pas régulièrement dans l'*eau*, et ayant attribué alors à la méthode, ce qui provenoit de l'instrument, il se prévint contre elle, et se forma une idée spécieuse, d'après laquelle il la changea : « Ce n'est pas, dit-il,

» l'*humidité* de l'*eau*, c'est celle de l'*air* que » nous avons à mesurer par l'*hygromètre*, » et ainsi c'est dans l'*air* que nous devons » chercher l'*humidité extrême.* »

548. J'avois cependant prévenu cette idée dès le premier Mémoire que je viens de rappeller, ajoutant que c'étoit celle qui m'avoit embarrassé pendant long-temps; et que ce fut en découvrant qu'elle n'étoit qu'une illusion, que je fis enfin un premier pas en hygrométrie. En effet, on ne sauroit attacher à l'*eau* l'idée d'*humidité*, que dans son rapport aux substances *hygroscopiques;* à tout autre égard l'*eau* est *liquide* et non point *humide;* mais comme *liquide*, elle pénètre les corps poreux, et y produit l'*humidité*. Si donc on passe dans le langage ordinaire l'expression négligée *humidité de l'eau*, elle ne peut être admise en physique que comme exprimant la faculté *humectante* de ce liquide : et il en est de même de l'expression *humidité de l'air;* car le mot *humidité* exprime un *effet*, et nous ne devons pas en transporter l'idée à sa *cause*. Or on voit par l'exemple dont il s'agit, que l'inexactitude du langage passe aisément aux idées; puisque l'expression inexacte d'*humidité de l'eau*, fut cause de l'illusion de M. DE SAUSSURE,

comme elle m'avoit empêché long-temps de faire un seul pas dans une carrière où cependant j'étois fortement poussé par son importance.

549. Mais dès que je fus arrivé à concevoir que l'*humidité extrême* ne devoit être considérée que comme un *maximum* de pénétration de l'*eau* dans les corps *hygroscopiques ;* pénétration qui ne produisoit aucun changement dans leur nature, tellement que lorsque l'*eau* s'en évaporoit, ils restoient les mêmes; je cherchai à quel *signe* ce *maximum* pouvoit être reconnu. Puis, dans l'examen des différens *signes*, ayant reconnu que celui de l'*expansion* étoit le seul qui pût servir à l'*hygromètre* d'usage, j'en conclus, que s'il y avoit quelque corps dont l'*expansion* hygroscopique fût limitée quoiqu'il séjournât dans l'eau, cette limite exprimeroit sûrement son *maximum* d'*humidité :* qu'ainsi ses *expansions* croissantes dans l'air, seroient certains *degrés* d'*humidité*, dont il faudroit chercher le rapport avec les quantités d'*eau* qui les produisoient; et que lorsque ce corps arriveroit à son *maximum* d'*expansion* dans l'*air*, ce seroit un signe certain, que celui-ci avoit atteint son *maximum* de faculté *humectante*. L'*ivoire*, auquel je pensai d'abord,

ayant rempli cette condition, j'en fis un hygroscope ; et les premières expériences auxquelles je l'employai, dont je rendis compte dans mon Mémoire, servirent déjà à prouver, que le lieu le plus *humide* par toutes les apparences, ne fournissoit pas immédiatement un *point fixe* d'*humidité ;* puisque mon hygroscope varioit sensiblement dans une cave, dont les murs ruisseloient d'eau, et dont tous les corps reposans sur le sol étoient *mouillés*.

550. Mais ces expériences furent faites avec l'*ivoire*, et M. DE SAUSSURE les oublia, quand il employa le *cheveu* pour déterminer l'*humidité extrême* dans l'air, sous une cloche au fond de laquelle étoit de l'*eau*. Or n'ayant pour le diriger dans le labyrinthe d'effets qu'il appercevoit sous cette cloche, ni la comparaison de son hygroscope avec d'autres dont les marches fussent différentes, ni celle même du *cheveu* dans l'*eau*, il lui fut impossible d'appercevoir le phénomène constant, résultat de toutes mes expériences, que dans un tel espace, quoique l'*évaporation* y soit toujours au *maximum*, l'*humidité* diminue à mesure que la *chaleur* augmente : car les variations de la *chaleur* affectant l'*humidité* dans la période où elle n'a que de petits effets et des

effets souvent en sens contraires sur le *cheveu*, ne lui présentèrent que des irrégularités, qu'il rejetta toutes sur l'instrument. Il chercha alors à les réduire à quelque règle; et tandis que, par l'expérience dans l'*eau*, il auroit pu voir, que le plus grand alongement du *cheveu*, s'il y a *rétrogradation*, précéde toujours sa plus grande pénétration d'*eau*, il conclut de l'ensemble des variations qu'il avoit observées sous sa cloche, que le point 98 de ses hygromètres étoit celui auquel correspondoit l'*humidité extrême* de l'air, et que les 2 degrès au-delà provenoient de *supersaturation*.

551. Ce fut d'après cette dernière idée que, voyant son point 98 correspondre quelquefois dans mes expériences à 80 seulement de mon hygromètre, il en conclut, que ce dernier point indiquoit l'*humidité extrême* dans l'*air*, et que les 20 degrés au-delà étoient une *supersaturation*, soit l'effet du ramollissement produit alors d'une substance *mucilagineuse* contenue dans la *baleine*. Je comprends qu'une telle idée peut se présenter à l'esprit, mais que M. DE SAUSSURE s'y fixât, c'est ce que je ne puis concevoir. Quand l'*humidité* est *extrême* dans l'air, c'est-à-dire, quand il est au *maximum* de sa faculté *humectante*, un

corps hygroscopique d'un si petit volume que celui de l'hygromètre, doit y recevoir autant d'*eau* qu'il peut en contenir : si donc il renfermoit quelque substance susceptible de se *ramollir*, elle devroit en ce cas recevoir toute l'eau nécessaire à cet effet. De sorte que si la *baleine* contenoit une telle substance, et que le point 80 de cet hygromètre fût l'*humidité extrême*, il ne feroit qu'un saut de 81 à 100. Pourquoi même y auroit-il un point 100 ? l'action du ressort ne romproit-elle pas alors la *bandelette* ?

552. Mais il n'y a pas le moindre indice d'une pareille cause dans la marche de mon hygromètre ; M. DE SAUSSURE auroit pu voir, par les tables de mes expériences, que dans ces 20 derniers degrés, la *bandelette* de *baleine* marche *en avant* et *en arrière*, se conformant aux causes indiquées par les circonstances elles-mêmes. C'est ainsi qu'on voit dans une de ces Tables, que tandis que les parois de la cloche étoient *mouillées*, cet hygromètre étoit à 98,2, c'est-à-dire, bien près de l'*humidité extrême*, parce que la *température* étoit à 47° de *Fahrenheit* : mais que la *chaleur* ayant augmenté à 69 $\frac{1}{2}$, il retourna à 89. Ce n'est pas ici, comme on pourroit

d'abord le croire, un effet de la *chaleur* sur la *baleine* quand elle est fort humectée. Car j'ai parlé de mes expériences sur les effets de la *chaleur* faites dans l'*eau* elle-même, où ils sont très-petits. C'est donc dans l'air, quoique la *vapeur* y soit toujours à son *maximum* de production, que la faculté *humectante* diminue quand la *chaleur* augmente.

553. J'ai fait voir aussi, par une expérience directe (§§. 336 et suiv.), que quoique dans un espace clos l'*humidité* diminue ainsi par l'augmentation de la *chaleur*, il est un petit espace près de l'eau qui s'*évapore*, où elle demeure encore au *maximum* de conservation, et qu'elle décroît rapidement à plus de distance : c'est, dis-je, ce qui est prouvé par la cage de toile de coton *maillée*, où les hygroscopes demeurent à leur point d'*humidité extrême*, malgré les changemens de la *chaleur;* et c'est ainsi que se trouve prouvé ce que j'avois dit dans mes *Idées sur la météorologie*, d'une des causes d'anomalies dans les expériences sous la *cloche*, quand on en *mouilloit* les parois; c'est qu'à mesure qu'elles se *sèchent*, l'*humidité* diminue irrégulièrement dans différentes parties de l'espace. Voici une expérience que j'avois

citée, faite avec un hygromètre à *cheveu* que j'avois reçu de l'artiste de M. DE SAUSSURE, où l'on pourra voir comment ces causes devoient lui échapper.

	Cloche mouillée.		*Sèche.*
Températures.	47	$69\frac{1}{2}$	69
Mon hygromètre.	98.2	89	78
Celui de M. DE SAUSSURE......	96.0	96.8	97

554. On voit ainsi les grands changemens produits sur l'*humidité* réelle dans l'espace renfermé par la *cloche*, suivant que ses parois sont *mouillées* ou *sèches*; et c'est-là une des causes du dissentiment qui s'étoit élevé entre M. DE SAUSSURE et moi, sur le terme de l'*humidité extrême*. Il avoit sans doute apperçu des variations de l'*humidité* sous sa *cloche* quand elle n'avoit de l'*eau* que sur son fond; mais ces variations, par la nature du *cheveu*, paroissant souvent en sens contraire de ce qu'elles auroient dû être pour suivre l'effet de la *chaleur*, quand elle n'éprouvoit pas des changemens considérables et que la *température* étoit basse, il ne pouvoit discerner les effets propres de cette cause;

et comme dans ces expériences son *hygromètre* étoit le plus souvent au-dessous de 98, il crut devoir faire augmenter la quantité de l'*évaporation* sous la cloche, en *mouillant* ses parois; ce qui devoit réussir jusqu'à un certain point. Mais par-là il masqua toujours plus les effets de la *chaleur* sur l'*humidité* réelle d'un tel espace; car rapprochant de ses *hygromètres* l'atmosphère d'*humidité extrême* qui est toujours près de la surface de l'*eau*, il compensoit en partie les effets des variations de la *chaleur*, et il les rendoit irréguliers, à mesure que quelque partie des parois se *séchoient*.

555. C'est une chose essentielle à remarquer, que tous ces essais de M. DE SAUSSURE n'eurent lieu qu'au temps où il s'occupoit de la construction de son hygromètre; il n'en parle du moins qu'en le décrivant. Il passe ensuite à ses usages; et quand il vient aux belles expériences par lesquelles il a déterminé les rapports des degrés de son instrument avec l'eau évaporée dans la partie de sa marche où ses mouvemens sont sensibles, il n'est plus question de *mouiller* les parois du vase; et quelque grand qu'il fût, un petit *linge mouillé* y fournissoit successivement de la *vapeur* jusqu'au *maximum*. Il partoit donc alors

alors tacitement de cette théorie indubitable, que pour produire le *maximum* d'*évaporation* dans un espace clos, il doit suffire qu'il y ait assez d'*eau* quelque part; puisque rien ne borne, soit l'*évaporation*, soit la quantité de *vapeur* qui peut rester à-la-fois dans l'espace, que la nature même de la vapeur et l'effet que la *température* produit sur sa *densité*.

556. Ce fut là, en effet, ce que M. DE SAUSSURE observa dans ses expériences, où il ne pouvoit pas être trompé sur l'époque du *maximum* d'*évaporation*, puisqu'il avoit un *manomètre*, qui montoit tant que la *densité* de la *vapeur* augmentoit, et qui se fixoit quand elle n'augmentoit plus, quoique le *linge mouillé* fût encore dans le vase, et que le moindre refroidissement fît déposer de l'*eau* sur quelque partie de ses parois.

557. Si, moins occupé de ses importantes expériences et des calculs auxquels elles l'entraînèrent, M. DE SAUSSURE y eût considéré la variation des symptômes de l'*humidité* sur son *hygromètre* au *maximum* de l'*évaporation*, et leur rapport avec les différences de la *chaleur*, peut-être auroit-il soupçonné cette cause; et s'il eût repris, en vue de ce point, les mêmes expériences avec son *linge mouillé*,

en commençant à une basse température, et la faisant hausser par des degrés très-lents, afin que le *maximum d'évaporation* eût toujours lieu ; en même temps que le *manomètre* lui auroit montré pas à pas l'augmentation de *densité* de la *vapeur*, l'*hygromètre*, après ses *indécisions* dans le commencement de l'expérience, auroit pris enfin une marche décidément accélérée vers la *sécheresse*. J'ai fait nombre de fois cette dernière partie de l'expérience, non seulement sur le *cheveu*, mais sur tous les *fils* et toutes les *bandelettes*. Je crois donc, après tant d'expériences accumulées dans ce chapitre sur les marches de ces deux classes d'hygroscopes, toutes dirigées vers cette importante question de l'*hygromètrie* pratique, qu'il ne sauroit y rester aucun doute.

558. J'ai maintenant posé les bases de l'HYGROMÈTRIE, en lui conservant son vrai caractère. C'est à l'HYGROLOGIE qu'appartient de déterminer, tant la *nature* de l'*humidité* dans les corps, que sa *cause* dans le *milieu ambiant :* mais l'HYGROMÉTRIE, dans son étymologie même, n'ayant de rapport qu'à l'*humidité* considérée dans le *milieu*, comme *humectant* l'*hygromètre* seul, n'a immédiatement d'autre fonction que celle de mesurer l'*intensité* de cette *cause*, sans égard à sa

nature. C'étoit donc sous ce seul point de vue que je l'avois considérée dans ce chapitre, jusqu'au moment où je suis venu à la controverse particulière qui s'étoit élevée entre M. DE SAUSSURE et moi, pour l'éclaircissement de laquelle j'ai été obligé de faire intervenir la nature de la *vapeur aqueuse*. Mais pour passer à la *mesure* de la *quantité* de la *vapeur*, et au moyen que nous fournit l'*hygromètre* pour y parvenir, je dois revenir à ce qui a été établi dans cette PARTIE sur l'*humidité* elle-même et sa *mesure*, en résumant la marche fondamentale que j'ai suivie.

559. Ce qu'on cherchoit à *mesurer* par un *hygromètre*, étoit immédiatement l'intensité de cet état de l'*air*, ou du *milieu* quelconque, par lequel il communique de l'*eau* aux substances *hygroscopiques*. Nous avons trouvé une *cessation* absolue de cet état, par laquelle la substance de l'*hygromètre*, loin de pouvoir acquérir de l'*eau* dans l'*air*, y perd toute l'eau *évaporable* qu'elle contient : nous avons aussi reconnu un *maximum*, par lequel cette substance peut recevoir toute l'*humidité* dont elle est susceptible, et qui précède cependant toute précipitation capable d'altérer la transparence de l'air ; car lorsque cette *précipitation* arrive, la limite de l'*humidité* est dépassée,

et tous les corps exposés à l'air sont *mouillés*. Quant aux divers *degrés* d'*humidité*, ils sont des *parties aliquotes* du *tout* ainsi défini.

560. Quoique ce soit l'*hygrologie* qui nous ait aidé à trouver ces deux *termes*, en nous apprenant à connoître la cause de l'*état* de l'*air* dont ils assignent les limites, ils auroient pu être découverts sans aucune connoissance préliminaire de la *vapeur*, et demeurer néanmoins la base de l'HYGROMÈTRIE, dont l'unique fonction, comme je l'ai dit, est d'indiquer les degrés d'*intensité* de cet *état* quel qu'il soit, au moyen d'un instrument dont l'*échelle*, ayant pour limites ces deux *termes*, soit divisée en *degrés* qui aient des rapports connus avec le *tout*.

561. Le seul effet hygroscopique observable avec régularité en plein air, étoit l'*expansion* que l'*humidité* produit dans certains corps sans les altérer; tellement que leur *volume* augmente à mesure qu'ils sont plus *humides*, et qu'il diminue lorsqu'ils se *sèchent*. Si l'on eût pu mesurer le *volume* même de tels corps après que les deux *points fixes* furent découverts, l'HYGROMÈTRIE n'auroit présenté aucune difficulté, parce qu'on auroit eu l'*expansion* totale. Mais puisqu'au lieu du changement total de *volume* du corps, on ne mesuroit ses

changemens que suivant une de ses *dimensions*, il n'y avoit plus une certitude immédiate, et cela devenoit l'objet d'expériences particulières.

562. Mon attention s'étant portée sur les corps organisés *fibreux* des deux règnes, je vis bientôt qu'il n'étoit pas indifférent de les employer à l'*hygromètre* dans le sens de la *longueur*, ou dans celui du *travers* des fibres ; et multipliant les expériences sur la marche de leurs *expansions* dans ces deux sens, je trouvai généralement : que dans le premier, l'*humidité* produisoit deux effets contraires ; par où leurs expansions devenoient si décroissantes comparativement à ses augmentations, qu'avant qu'elle fût arrivée à son *maximum*, leurs indications devenoient inverses, ou du moins très-vagues ; au lieu que dans le sens du *travers*, l'humidité n'y produisant sensiblement qu'un seul effet, leurs expansions successives devoient lui être plus proportionnelles jusqu'à son *maximum*; et je me fixai à la *baleine* prise en ce sens.

563. Tandis que je suivois ces expériences en Angleterre, ne m'occupant encore que de l'*hygromètre*, M. DE SAUSSURE avoit été plus loin que moi à Genève, parce que l'instrument

lui-même l'avoit peu arrêté ; de sorte qu'il publia en 1783 ses *Essais sur l'Hygrométrie*, renfermant des expériences *hygrologiques* et *hygromètriques* de très-grande importance, dont plusieurs étoient les premières de leur genre. Cet ouvrage anticipa pour moi en particulier, la connoissance de la petite quantité d'*eau* qui produit l'*humidité extrême* dans l'*air ;* ce dont je n'aurois pas été instruit de quelque temps, parce que je n'étois pas prêt encore aux expériences que je destinois à cet objet. Or, comme la MÉTÉOROLOGIE, en vue de laquelle je m'étois voué à l'HYGROMÈTRIE, recevoit déjà avec assez d'exactitude par ces expériences, une des déterminations que je cherchois à obtenir, je formai aussitôt le plan d'un nouvel ouvrage en ce genre, que je publiai en 1786, sous le titre d'*Idées sur la Météorologie ;* espérant d'exciter par-là d'autres physiciens aux recherches, dans un champ dont j'entrevoyois déjà la richesse et l'étendue, pourvu qu'on y prît une bonne route. Je me hâtai trop ; car j'entrai moi-même dans ce champ avec une erreur qui commençoit à naître, celle de la *décomposition* de l'*eau ;* mais ce chapitre de mon ouvrage est retranché depuis long-temps dans mon esprit.

564. La publication de cet ouvrage, pour lequel j'avois interrompu mes expériences hygrométriques, fut suspendue elle-même par un voyage d'observations géologiques; et lorsque je le repris, je me bornai, à l'égard de toutes les expériences qui lui servoient de fondement, à en donner de premières esquisses. En particulier, pour expliquer le défaut que je trouvois dans l'*hygrométrie* de M. DE SAUSSURE, et l'indétermination qui en résultoit dans plusieurs de ses expériences, sans que leur importance en fût diminuée, je me contentai d'exposer sous un point de vue général, le défaut inhérent à tout *hygroscope* dans lequel une substance *fibreuse* est mesurée suivant la longueur des *fibres*; en ajoutant quelques expériences comparatives de la marche du *cheveu*, avec celle des substances *fibreuses* prises dans le *travers* des fibres, et en particulier de la *bandelette* de *baleine*. Mais M. DE SAUSSURE publia sa *Défense de l'Hygromètre à cheveu*, sans répéter mes expériences; et la *nouvelle théorie chymique* étant venu écarter l'*hygrométrie* elle-même, on ne s'en est plus occupé.

565. Telle est la seule circonstance qui eût élevé, avec quelque apparence de fondement, une question sur l'exactitude des principes de

l'HYGROMÉTRIE. Je devois, comme je l'ai déjà dit, à la réputation bien méritée de M. DE SAUSSURE, autant qu'au sujet lui-même, de rendre toutes mes expériences plus précises, de les étendre même, et d'y ajouter celles de la comparaison immédiate des *manches* des deux classes d'hygroscopes à *expansion*, avec les *poids* qu'acquéroient en même temps leurs substances; travail bien long, dont les résultats furent successivement publiés dans les *Trans. Phil.* de la Soc. Roy. de Londres, et qui a fourni l'un des sujets de cette Partie.

566. Tel fut, dis-je, mon unique motif dans tout le cours de ces expériences; et il fut suffisant pour m'en faire supporter la longueur. Mais dès lors, ce travail est devenu plus utile encore; parce qu'ainsi, lorsqu'il s'est élevé contre l'HYGROMÉTRIE elle-même (ce qui regardoit autant M. DE SAUSSURE que moi) des objetions d'après lesquelles on vouloit rejeter sur elle ce que les systêmes qu'elle est venu combattre ont de chimérique, elle se trouvoit au contraire arrivée à un degré de détermination plus grand peut-être qu'il ne se trouve dans aucune des principales branches de la physique expérimentale.

567. Ce ne fut qu'après avoir fini ce nouveau cours d'expériences, que je m'occupai

à fixer la construction de mon *hygromètre*, dont je donnai la description dans les *Trans. Phil.* de 1791 ; et je n'ai à ajouter ici que quelques détails de pratique, aidans à la détermination des principes.

568. J'ai parlé dans cette Partie de bien des *hygroscopes*, soit décrits, soit simplement indiqués, qui tous avoient leur point de *sécheresse extrême* fixé dans un même *vase à chaux:* je vais donc expliquer en quoi consiste cet appareil, parce qu'il est indispensable pour ceux qui veulent construire des *hygromètres*, et qu'il peut aussi, comme on l'a vu, servir à d'autres expériences. J'ai décrit, dans les *Trans. Phil.* de 1790, le vase même dont je me sers; mais la forme est indifférente, pourvu qu'il ait les conditions que je vais détailler.

569. Mon vase est de fer-blanc; cependant je conseillerois le cuivre rouge, parce qu'on peut en avoir de plus grandes feuilles, et diminuer ainsi les soudures, qui doivent être aussi capables qu'il est possible de résister à la chaleur, et même être recouvertes de bandelettes soudées aux deux bords. Ce vase doit avoir environ 3 pieds de hauteur, et s'il est de forme carrée, ce qui est le plus convenable, ses faces doivent avoir 8 à 9 pouces de largeur.

Au haut d'une de ses faces, et contre elle en dedans, doit être fixée une cage de fil-d'archal à tissu clair, pour réserver aux instrumens en cette partie, un espace libre dont les grandes faces n'aient qu'environ 2 pouces de distance, et la profondeur soit proportionnée aux usages qu'on voudroit en faire, outre celui de fixer le point des *hygromètres*. J'avois aussi un vase de 4 pieds 2 pouces de haut, dont la cage occupoit toute la hauteur, contre l'une de ses faces, pour les cadres de 4 pieds, avec lesquels j'éprouvois les effets de la *chaleur* sur les corps *hygroscopiques*, quand ils avoient perdu toute leur *humidité*. La cage, ouverte par le haut, doit s'élever jusqu'au couvercle du vase, ouvert en cet endroit, comme je l'indiquerai : elle doit aussi être ouverte sur le devant, à l'opposite d'une glace fixée au vase avec de bon ciment de vitrier. C'est au travers de cette glace qu'on observe les cadrans des instrumens. On fait d'abord sur ces cadrans des petits points vers la partie où l'on prévoit que se fixera l'index, et l'on observe vers lequel de ces points il se fixe. Mais, comme je l'ai dit au §. 262, il faut retirer de temps en temps les hygromètres, les laisser un peu rétrograder, puis les remettre, jusqu'à ce qu'ils se fixent entièrement. Une baguette métallique doit traverser

la cage dans le haut, d'une extrémité à l'autre, pour y suspendre les instrumens par des crochets.

570. Quand l'intérieur du vase est ainsi préparé, il faut y souder le couvercle, auquel on aura fait diverses ouvertures. Il en faut d'abord deux qui soient au-dessus de la cage, à égale distance entre elles et des extrémités; elles servent à introduire les instrumens : si l'on en a plusieurs à éprouver à-la-fois, on peut les pousser latéralement, en faisant glisser leurs crochets sur la baguette. Ces ouvertures doivent être aussitôt fermées, par des plaques cimentées avec de bon ciment mou. Au côté opposé du dessus du couvercle, doit être une plus grande ouverture pour introduire la *chaux*. Enfin ce vase doit avoir des anses à ses côtés, pour pouvoir le transporter aisément.

571. Quand on a besoin de tant de *chaux*, il seroit trop pénible et dispendieux d'amener de nouveau à l'*incandescence* celle qu'on peut trouver chez les bâtisseurs. Je fais donc porter mes vases auprès d'un four-à-chaux, au moment où je sais qu'on doit en tirer, et j'en fais mettre un monceau à part, dont je romps les pièces, s'il est nécessaire, pour les réduire à-peu-près à la grosseur d'un œuf : je lui laisse

presque passer *l'incandescence*, pour qu'elle ne fasse pas fondre les soudures du vase; et quand il en est rempli autant qu'il peut l'être en le secouant par ses anses, je couvre l'ouverture d'un monceau de la même chaux, pour que l'air qui rentre à mesure que le vase se refroidit, dépose toute son humidité dans la chaux extérieure; sans cela il la porteroit avec lui dans l'intérieur. Quand le vase est refroidi, j'en ferme l'ouverture d'une plaque, que je cimente avec de bon ciment de vitrier.

572. Il faut quelques précautions pour conserver ce premier degré de sécheresse dans les vases; et d'abord, je ne les ouvre, autant qu'il m'est possible, que près de la même *température*, environ 60°. de *Fahr.*, afin de prévenir les échanges de l'air intérieur avec l'air extérieur. Quand je place des instrumens dans le vase, ou que je les en retire, j'évite aussi d'y employer mes doigts, parce qu'ils y porteroient de l'*humidité*; j'emploie pour cet usage un crochet de métal. La *chaux* elle-même, sur-tout en gros morceaux, ne reprend de l'*humidité* qu'avec une lenteur très-grande, et elle a à cet égard une si grande *capacité*, que moyennant ces précautions, la même *chaux* peut servir plusieurs années à un artiste, quand il fabriqueroit même beaucoup

d'*hygromètres*. Mon vase fut rempli en 1787, je l'ai ouvert bien des centaines de fois, et cependant, en y remettant les mêmes hygromètres, je n'y apperçois encore aucun signe de changement.

573. L'aspect seul de la *chaux* (de celle du moins que j'emploie, faite de craie) vue au travers de la glace et du derrière de la cage, fournit un symptôme sûr de sécheresse : sa surface est *rousse* quand elle est refroidie, et elle conserve la même couleur, tant qu'elle ne s'humecte pas; mais dès qu'elle a repris un degré perceptible d'*humidité*, elle commence à *blanchir* par la dilatation de cette superficie. Les momens d'ouverture du vase, par les précautions que j'ai indiquées, n'y produisent aucun effet sensible; car, à moins que l'air ne fût moins expansible dans l'intérieur qu'à l'extérieur quand on l'ouvre, l'air humide, plus léger que cet air sec, n'y entre pas, et l'humidité que les instrumens y perdent, n'est rien de sensible, en comparaison de cette espèce d'abîme. Mais s'il y avoit quelque joint mal cimenté, ou mal soudé qui permît à l'air intérieur de sortir quand la chaleur augmente, et à l'air extérieur d'entrer quand elle diminue, cet effet journalier et non apperçu, ne changeroit pas seulement l'état de la *chaux*, il

romproit le vase; parce que la *chaux* se gonfle beaucoup et avec effort, en s'humectant. Cela m'est arrivé à l'égard d'un vase que j'employois rarement: en entrant un jour dans la chambre où il étoit, je le trouvai éclaté, et une grande partie de la chaux étoit répandue au dehors. Il y a encore un autre signe que la *sécheresse* se conserve. Quoiqu'on ait bien secoué un vase, tandis que la chaux avoit toute sa chaleur, on l'apperçoit balotter en la secouant quand elle est refroidie, parce qu'elle s'est contractée : or, tant qu'elle balotte en faisant du bruit comme des pierres, le vase est en bon état.

574. Je terminerai ce chapitre en énonçant ici une proposition générale qui réunit la plus grande partie de ce que j'y ai établi d'après l'expérience. L'*humidité*, en tant que phénomène produit dans l'*air*, est indépendante, soit de la manière dont l'*eau* y est répandue, soit de la quantité absolue de cette *eau*, soit même de la *température :* elle n'a de rapport qu'aux substances *hygroscopiques :* mais dans ce rapport, elle est parfaitement déterminée; elle peut être *nulle*, elle a un *maximum fixe*, et des *degrés précis*. L'HYGROMÈTRE bien construit, indique tous ces états de l'*air*, soit du *milieu ambiant* quelconque; et il le

fait, par des propriétés de sa *substance hygroscopique* et de l'*eau*, qui nous sont très-clairement connues.

575. C'est donc là un des phénomènes les mieux définis d'entre ceux que nous pouvons soumettre à l'expérience : je n'ai rien exposé ici pour l'amener à ce point, qui ne fût déjà contenu plus en détail dans les ouvrages de M. DE SAUSSURE et dans les miens ; en comprenant parmi ces derniers, mes *Lettres* à M. DE LA MÉTHERIE dans son *Journal de Physique*, et mes *Mémoires* dans les *Trans. Phil.* de la Soc. Roy. de Londres : et cependant quelques physiciens, pensant que c'étoit-là encore un champ inculte, s'y sont figuré tout ce qui pouvoit aider à quelque hypothèse favorite ; de sorte que l'HYGROMÉTRIE, qui n'est pas seulement l'une des plus sûres, mais l'une des plus importantes branches de la physique, a cessé d'être un objet d'attention pour la plupart des physiciens.

576. Ceux de mes lecteurs qui, sachant qu'on n'apprend rien sans travail, auront suivi avec attention cette marche opposée de l'*avancement des lumières* et de la *succession des opinions*, y auront trouvé un exemple de l'erreur qu'on se fait très-communément, en confondant les progrès de l'*esprit humain*,

avec ceux de *la science réelle chez un petit nombre d'hommes* ; et ils ne seront pas surpris que j'aie consacré une partie du premier chapitre de cet ouvrage, à presser, d'après un philosophe justement célèbre, la vraie étude de la *physique*, comme le seul moyen d'arriver à une *philosophie* digne de ce nom.

577. Rien n'a plus contribué à retarder les *progrès* réels de l'*esprit humain*, je veux dire, ceux des *vraies connoissances* dans la *masse des hommes* ; rien ne les a même autant retardés, en portant le *scepticisme* sur tout, que les tentatives d'expliquer les *phénomènes* avant qu'ils fussent bien déterminés. Tant qu'un *phénomène* n'est connu que vaguement, l'imagination peut lui assigner diverses *causes* également spécieuses : on nomme cela des *apperçus* ; mais tacitement on s'y attache, et l'on en forme des *systêmes*. Les inventeurs s'y accoutument d'abord ; ils accumulent *apperçu* sur *apperçu* pour les soutenir les uns par les autres, à mesure que leurs défauts se manifestent ; et malgré la différence de ces *systêmes*, même souvent leur opposition entre eux, ils sont reçus dans ce qu'on nomme l'*ensemble des connoissances*.

578. Cette manière de juger s'étant étendue sur presque tous les *phénomènes* tant de la physique

physique expérimentale que de l'histoire naturelle, des spéculateurs indolens, qui ne se mettent pas en état de juger par eux-mêmes, et ne reconnoissent point ainsi la marche des *vraies connoissances* au travers de ces tas d'*erreurs;* ne se représentant cet *ensemble* que comme une *anarchie de systêmes*, ont cru pouvoir s'élever au-dessus de tous, en employant leur génie à trouver des argumens spécieux *contre* toute *démonstration*. Mais les *démonstrations physiques* règnent déjà sur plusieurs points des *phénomènes;* leurs rameaux, en s'étendant, se lient entre eux, et elles pénétreront enfin assez toutes les parties de la nature, pour que les argumens sans objet fixe du *scepticisme* n'aient plus d'influence sur ceux qui aiment la vérité.

579. L'HYGROMÈTRIE est un de ces points d'où la lumière s'avance, non seulement comme fournissant une connoissance exacte du *phénomène* qui en est l'objet, mais comme le liant ainsi à l'HYGROLOGIE, qui elle-même se lie à la MÉTÉOROLOGIE, et ainsi à la PHYSIQUE TERRESTRE. L'HYGROLOGIE nous apprend d'abord directement, que l'*eau* invisible qui se communique aux substances *hygroscopiques* de toute espèce, aux *acides*, aux *alkalis* et aux *sels*, comme aux corps *poreux*

expansibles et non expansibles ; se trouve dans l'air, uniquement sous la forme d'un *fluide expansible* composé d'*eau* et de *feu ;* fluide qui exerce les mêmes facultés mécaniques que l'*air*, soit qu'il y soit mêlé ou qu'il soit pur, et qui a la propriété de communiquer de l'*eau* aux substances *hygroscopiques*, en raison directe de sa *densité*, et inverse de la *température*, soit de la quantité de *feu libre*.

580. On a donc pu faire marcher de concert des observations de l'HYGROMÈTRE et du THERMOMÈTRE dans un espace où l'on faisoit *évaporer* des quantités connues d'*eau*, pour observer leurs effets sur le premier de ces instrumens par divers degrés du dernier ; et cherchant ensuite les rapports qui règnoient entre les indications réunies des deux instrumens et les quantités d'*eau* en *vapeur*, on a pu en conclure une formule d'après laquelle les deux instrumens étant conjointement observés dans un lieu, on détermineroit la quantité de cette *eau* contenue dans un certain espace, vide ou plein d'air ; et M. DE SAUSSURE a ouvert cette carrière.

581. Le projet de ces expériences formoit la dernière partie du plan que je m'étois proposé dès que je fus un peu avancé dans ces

recherches ; mais on voit que je ne pouvois l'entreprendre qu'avec un HYGROMÈTRE bien déterminé, et aussi perfectionné qu'il m'étoit possible. J'en commençai l'exécution en 1792 ; mais quoique je me fusse attendu à bien des difficultés, par la manière dont je l'avois conçu pour obtenir la plus grande exactitude, je les trouvai plus grandes encore que je ne l'avois prévu ; de sorte que j'y ai employé *cinq ans*, dont plus des deux tiers se sont passés en tentatives, sans presque aucune espérance de succès. Cependant enfin je surmontai ces difficultés, et je commençai les expériences qui feront le sujet de la Partie suivante, où je n'épargnerai point les détails nécessaires pour produire la conviction dans l'esprit de ceux qui aiment vraiment la physique.

TABLE I.

THERMOSCOPES.			HYGROSCOPES de *baleine*.		
Condensat. du *mercure*.	Condensat. de l'*eau*.	Diff. des condens. de l'*eau*.	Expansions de la *band*.	Expansions du *fil*.	Diff. des expans. du *fil*.
Eau bouillante.			*Sécheresse extrême.*		
0	0.0		0	0.0	
5	9.3	9.3	5	12.1	12.1
10	18.3	9.0	10	30.1	18.0
15	26.3	8.0	15	41.1	11.0
20	35.0	8.7	20	51.1	10.0
25	42.7	7.7	25	59.1	8.0
30	49.2	6.5	30	65.6	6.5
35	56.7	7.5	35	71.1	5.5
40	63.1	6.4	40	76.5	5.4
45	69.0	5.9	45	81.8	5.3
50	74.5	5.5	50	85.8	4.0
55	79.1	4.6	55	88.8	3.0
60	83.8	4.7	60	91.3	2.5
65	87.9	4.1	65	93.8	2.0
70	91.8	3.9	70	95.6	2.3
75	95.0	3.2	75	97.6	2.0
80	97.5	2.5	80	98.6	1.0
85	98.9	1.4	85	99.6	1.0
90	99.9	1.0	90	100.1	0.5
95	100.5	0.6	95	100.5	0.4
100	100.0	−0.5	100	100.0	−0.5
Glace fondante.			*Humidité extrême.*		

TABLE II.

HYGROSCOPES de *sapin*.			
Expansions de la *band*. de *baleine*.	Expansions de la *band*. de *sapin*.	Expansions du *fil* de *sapin*.	Différence.
Sécheresse extrême.			
0	0.0	0.0	
5	5.4	42.0	42.0
10	11.2	69.4	27.4
15	16.5	94.8	25.4
20	21.9	107.0	2.2
25	27.2	113.6	6.6
30	32.7	118.6	5.0
35	38.3	122.6	4.0
40	43.7	120.6	−2.0
45	49.2	123.6	3.0
50	54.6	126.6	3.0
55	59.9	119.7	−6.9
60	64.9	122.7	3.0
65	69.7	119.7	−3.0
70	74.5	117.6	−2.1
75	79.0	115.6	−2.0
80	83.5	112.6	−3.0
85	87.5	110.0	−2.6
90	92.0	107.0	−3.0
95	96.0	103.5	−3.7
100	100.0	100.0	−3.5
Humidité extrême.			

TABLE III.

HYGROSCOPES de *plume*.

Expansions de la *band. de baleine.*	Expansions de la *band. de plume.*	Expansions du *fil de plume.*	Différence.
Sécheresse extrême.			
0	0.0	0.0	
5	4.8	40.0	40.0
10	9.7	72.0	32.0
15	14.4	85.0	13.0
20	19.2	95.0	10.0
25	23.9	101.0	6.0
30	28.5	105.0	4.0
35	33.3	107.0	2.0
40	38.3	102.0	—5.0
45	42.9	104.0	2.0
50	47.4	107.0	3.0
55	52.4	103.0	—4.0
60	56.9	105.0	2.0
65	61.9	106.0	1.0
70	67.2	108.0	2.0
75	72.2	107.0	—1.0
80	77.8	106.0	—1.0
85	82.8	105.0	—1.0
90	88.2	103.6	—1.4
95	94.0	102.0	—1.6
100	100.0	100.0	—2.0
Humidité extrême.			

TABLE IV.

HYGROSCOPES de *buis*.

Expansions de la *band. de baleine.*	Expansions de la *band. de buis.*	Expansions du *fil de buis.*
Sécheresse extrême.		
0	0.0	100.0
5	4.5	120.0
10	9.5	128.0
15	14.5	134.3
20	20.0	137.4
25	25.7	131.6
30	31.5	127.3
35	38.0	121.6
40	45.5	109.6
45	51.5	96.5
50	56.5	87.7
55	61.2	78.7
60	65.7	70.3
65	69.7	65.3
70	73.7	56.2
75	77.7	43.1
80	81.5	30.2
85	85.9	22.0
90	90.0	14.3
95	95.5	7.0
100	100.0	0.0
Humidité extrême.		

TABLE V.

Expansions des FILS, *soit des faisceaux de* fibres *de diverses substances animales et végétales, les uns naturellement tels, les autres séparés de plus grandes masses, par l'augmentation successive de l'*humidité.

Bandelette de baleine	Piquant de porc-épic.	Baleine.	Cheveu.	Boyau.	Pitte.	Plume.	Sapin.	Gramen.	Buis.
				Sécheresse extrême.					
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	†72.8
5	18.0	12.0	15.6	9.7	20.6	37.0	33.2	26.8	87.4
10	34.0	29.9	29.4	19.2	35.1	66.6	34.8	48.4	93.2
15	48.8	39.9	40.9	26.8	51.6	78.7	†74.9	67.1	97.8
20	62.3	50.8	50.5	37.0	57.6	88.0	84.6	†76.6	*100.0
25	73.3	58.8	59.2	47.1	75.6	†93.4	89.8	83.9	95.9
30	81.0	65.3	68.8	57.3	71.9	97.2	93.8	90.3	92.7
35	86.8	70.8	73.0	67.4	76.3	99.0	96.9	95.1	88.6
40	90.8	76.1	78.3	75.6	83.0	94.4	94.3	98.6	79.9
45	93.0	81.4	82.1	82.9	†86.6	96.2	97.7	*100.0	†70.3
50	95.0	85.4	86.1	87.8	93.6	99.0	*100.0	98.8	63.9
55	94.5	88.8	88.8	†91.6	96.5	95.3	94.6	98.0	57.3
60	97.0	90.8	91.6	94.7	94.7	97.2	97.0	97.2	51.0
65	96.5	92.8	93.8	96.3	98.2	98.2	94.6	96.2	45.7
70	96.5	95.1	95.6	97.8	*100.0	*100.0	93.0	94.8	40.9
75	95.0	97.1	97.2	98.7	99.2	99.0	91.4	92.6	31.4
80	97.0	98.1	†98.0	*100.0	98.2	98.2	89.0	89.8	21.7
85	98.0	99.1	100.0	98.7	96.8	97.2	86.9	86.5	16.0
90	98.6	†99.6	*100.0	96.8	94.1	95.8	84.6	84.0	10.4
95	99.1	*100.0	99.3	94.5	91.5	94.4	81.9	80.9	5.1
100	100.0	†99.5	†98.3	†91.8	†88.3	†92.5	†79.0	†77.0	0.0
				Humidité extrême.					

TABLE VI.

Marches correspondantes des expansions *du* cheveu *et du* fil de Pitte, *et des augmentations de leur* poids.

Baleine.		Cheveu.				Fil de pitte.			
Expans.	Dif.	Expans.	Dif.	Poids.	Dif.	Expans.	Dif.	Poids.	Dif.
0 0	5	0.0	15.7	0.0	4.8	0.0	20.6	0.0	6.0
5	5	15.7	13.3	4.8	4.0	20.6	14.5	6.0	5.8
10	5	29.0	11.0	8.8	3.7	35.1	16.5	11.8	5.5
15	5	40.0	10.4	12.5	3.4	51.6	6.0	17.3	4.9
20	5	50.4	9.3	15.9	3.2	57.6	18.0	22.2	4.6
25	5	59.7	7.8	19.1	3.1	75.6	—3.7	26.8	4.4
30	5	67.5	6.9	22.2	4.4	71.9	4.4	31.2	4.0
35	5	74.4	4.9	26.6	2.4	76.3	6.7	35.2	4.5
40	5	79.3	4.0	29.0	3.0	83.0	3.6	39.7	4.3
45	5	83.3	4.7	32.0	3.0	86.6	7.0	44.0	4.1
50	5	88.0	2.0	35.0	3.2	93.6	2.9	48.1	4.0
55	5	90.0	2.8	38.2	5.1	96.5	—1.8	52.1	5.0
60	5	92.8	1.3	43.3	6.5	94.7	3.5	57.1	4.6
65	5	94.1	1.3	49.8	5.5	98.2	1.8	61.7	4.6
70	5	95.4	1.6	55.3	6.6	100.0	—0.8	66.3	5.6
75	5	97.0	3.0	61.9	6.8	99.2	—1.0	71.9	5.7
80	5	100.0	—0.5	68.7	7.3	98.2	—1.4	77.6	5.6
85	5	99.5	—0.3	76.0	8.0	96.8	—2.7	83.2	5.6
90	5	99.2	—0.6	84.0	8.0	94.1	—2.2	88.8	5.6
95	5	98.6	—0.9	92.0	8.0	91.9	—3.6	94.4	5.6
100		97.6		100.0		88.3		100.0	

TABLE VII.

Marches correspondantes des expansions *des* bandelettes *et des augmentations de* poids *des substances suivantes.*

Baleine.				Plume.				Buis.				Sapin.				Piquant de porc-épic.			
Expans.	Dif.	Poids.	Dif.	Expans.	Dif.	Poids.	Dif.	Expans.	Dif	Poids.	Dif.	Expans.	Dif.	Poids.	Dif.	Expans.	Dif.	Expans. moy.	Poids moy.
0	5	0.0	6.0	0.0	4.8	0.0	7.0	0.0	4.5	0.0	7.3	0.0	5.4	0.0	6.2	0.0	4.8	4.9	6.6
5	5	6.0	5.8	4.8	4.9	7.0	6.0	4.5	5.0	7.3	5.5	5.4	5.8	6.2	3.2	4.8	4.0	4.9	5.1
10	5	11.8	5.5	9.7	4.7	13.3	7.0	9.5	5.0	12.8	5.0	11.2	5.3	9.4	5.8	8.8	3.2	4.6	5.8
15	5	17.3	5.9	14.4	4.8	20.0	6.0	14.5	5.5	17.8	4.8	16.5	5.4	15.6	7.0	12.0	5.0	5.1	5.9
20	5	22.2	4.6	19.2	4.7	26.0	5.0	20.0	5.7	22.6	4.7	21.9	5.3	22.6	4.4	17.0	6.4	5.4	4.6
25	5	26.8	4.4	23.9	4.6	31.0	5.0	25.7	5.8	27.3	4.5	27.2	5.5	27.0	6.2	23.4	6.0	5.4	5.0
30	5	31.2	4.0	28.5	4.8	36.0	6.0	31.5	6.5	31.8	6.7	32.7	5.6	33.2	2.8	29.4	6.6	5.7	4.8
35	5	35.2	4.5	33.5	5.0	42.0	1.8	38.0	7.5	38.5	6.0	38.3	5.4	36.0	5.2	36.0	5.4	5.6	4.4
40	5	39.7	4.5	38.5	4.6	43.8	4.5	45.5	6.0	44.5	5.2	43.7	5.5	41.2	5.5	41.4	4.0	5.0	4.9
45	5	44.0	4.1	42.9	4.5	48.3	4.0	51.5	5.0	49.7	5.1	49.2	5.4	46.7	3.0	45.4	4.4	4.9	4.0
50	5	48.1	4.0	47.4	5.0	52.3	4.2	56.5	4.7	54.8	4.3	54.6	5.3	49.7	6.4	49.8	5.0	5.0	4.7
55	5	52.1	5.0	52.4	4.5	56.5	4.0	61.2	4.5	59.1	4.0	59.9	5.0	56.1	3.8	54.8	4.9	4.8	4.2
60	5	57.1	4.6	56.9	5.0	60.5	3.9	65.7	4.0	63.1	3.3	64.9	4.8	59.9	4.8	59.7	4.7	4.7	4.1
65	5	61.7	4.6	61.9	5.3	64.4	5.0	69.7	4.0	66.4	3.2	69.7	4.8	63.7	3.4	64.4	4.1	4.7	4.0
70	5	66.3	5.6	67.2	5.0	69.4	4.6	73.7	4.0	69.6	7.0	74.5	4.5	67.1	6.3	68.5	5.0	4.7	5.9
75	5	71.9	5.7	72.2	5.6	74.0	4.0	77.7	3.8	76.6	3.4	79.0	4.5	73.4	4.7	73.5	5.4	4.9	4.4
80	5	77.6	5.6	77.8	5.0	78.0	6.0	81.5	4.4	80.0	5.0	83.5	4.0	78.1	5.7	78.9	5.0	4.7	5.6
85	5	83.2	5.6	82.8	5.4	84.0	4.0	85.9	4.6	85.0	5.0	87.5	4.5	83.8	5.0	83.9	5.0	4.9	4.9
90	5	88.8	5.6	88.2	5.8	88.0	6.0	90.5	5.0	90.0	5.0	92.0	4.0	88.8	5.0	88.9	5.5	5.1	5.4
95	5	94.4	5.6	94.0	6.0	94.0	6.0	95.5	4.5	95.0	5.0	96.0	4.0	93.8	6.2	94.4	5.6	5.0	5.7
100		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0			

TABLE VIII.

*Expansions de l'*ivoire *et de la* corne, *suivant la largeur et la longueur, et de l'*écaille, *suivant la longueur.*

BAND. de baleine.		IVOIRE en larg.		IVOIRE en long.		CORNE en larg.		CORNE en long.		ECAILLE en long.	
0	5	0.0	6.1	0.0	8.3	0.0	9.5	0.0	13.8	0.0	11.0
5	5	6.1	6.6	8.3	8.3	9.5	9.0	13.8	13.0	11.0	10.5
10	5	12.7	6.0	16.6	8.0	18.5	9.0	26.8	12.0	21.5	10.0
15	5	18.7	6.2	24.6	6.9	27.5	9.5	38.8	10.0	31.5	7.0
20	5	24.9	5.5	31.5	6.1	37.0	9.5	48.8	9.2	38.5	6.9
25	5	30.4	5.0	37.6	6.0	46.5	8.0	58.0	6.6	45.4	6.5
30	5	35.4	6.5	43.6	6.1	54.5	7.6	64.6	6.4	51.9	6.4
35	5	41.9	5.5	49.7	6.6	62.1	6.6	71.0	4.5	58.3	5.5
40	5	47.4	6.1	56.3	6.1	67.8	3.6	75.5	3.0	63.8	5.2
45	5	53.5	5.0	62.4	5.0	72.3	4.7	78.5	3.7	69.0	3.8
50	5	58.5	5.0	67.4	4.2	77.0	2.7	82.2	4.0	72.8	3.6
55	5	63.5	4.5	71.6	4.5	79.7	4.6	86.2	3.4	76.4	3.0
60	5	68.0	4.1	76.1	3.0	84.3	2.1	89.6	2.8	79.4	3.0
65	5	72.1	4.0	79.1	3.8	86.4	2.0	92.4	1.0	82.4	2.5
70	5	76.1	4.0	82.9	3.8	88.4	1.8	93.4	1.0	84.9	3.3
75	5	80.1	4.4	86.7	3.7	90.2	1.8	94.4	1.0	88.2	3.0
80	5	84.5	3.3	90.4	2.0	92.0	2.0	95.4	1.2	91.2	2.6
85	5	87.8	4.2	92.4	2.1	94.0	2.1	96.6	1.2	93.8	2.4
90	5	92.0	4.0	94.5	3.0	96.1	2.0	97.8	1.2	96.2	2.4
95	5	96.0	4.0	97.5	2.5	98.1	1.9	99.0	1.0	98.6	1.4
100		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0	

SIXIÈME PARTIE.

Nouvelles Expériences Hygrométriques.

582. D'après la définition que j'ai donnée à la fin de la Partie précédente, des expériences qui vont faire le sujet de celle-ci, on a pu comprendre qu'elles sont semblables dans leur but, à celles qu'avoit faites M. DE SAUSSURE pour la détermination des rapports des degrés de son *hygromètre* avec les quantités d'*eau évaporée*, suivant les *températures* : expériences qui en elles-mêmes étoient du premier ordre en physique, et auxquelles, quoique les premières de leur genre qui eussent encore été exécutées, je donnai assez de confiance, quant aux conséquences qui en résultoient en météorologie, pour abandonner sans balancer mes premières idées sur la *pluie*, et diriger mes nouvelles recherches d'après ces nouveaux faits; renvoyant à un autre temps les expériences que j'avois projetées dans le même but, dont je n'étois pas dispensé cependant, à cause de la différence de nos *hygromètres*.

583. Ce renvoi a été une circonstance

heureuse; parce que ce fut dans l'intervalle qu'on éleva contre les expériences de M. DE SAUSSURE, des objections d'après lesquelles je pouvois diriger les miennes. On objectoit d'abord, la présence du *sel de tartre* dans l'appareil, au moment où il fixoit le point de *sécheresse extrême ;* puis l'introduction de l'*eau* immédiatement après, et le peu d'intervalle qu'il avoit mis entre les *évaporations* successives; circonstances qui, pensoit-on, ne lui avoient pas permis de juger si, après la retraite du *sel de tartre*, il ne se seroit point manifesté de nouvelle *eau* dans son *air*, ni si, avec plus de temps, cet *air* n'auroit pas *dissous* une certaine quantité de l'*eau* évaporée. Je pouvois aisément prévenir ces objections, si je parvenois à l'exécution de mon plan; mais il étoit de nature à présenter bien des difficultés, tant prévues qu'imprévues; c'est pourquoi, comptant sur les résultats fondamentaux de M. DE SAUSSURE, je renvoyai ces expériences à un temps où je pusse les suivre sans être occupé d'autres objets d'expériences.

584. J'avois essentiellement en vue de pouvoir sceller à demeure, pour tout le temps qu'il conviendroit de faire durer ces expériences, un vase contenant les instrumens

nécessaires, en même temps que toute la quantité d'*eau* qui devoit y servir, après l'avoir préalablement amené à la *sécheresse extrême* par la *chaux*, et en avoir séparé celle-ci. Le moyen que j'avois conçu à l'égard de l'*eau*, étoit d'en renfermer des quantités égales et connues dans de petites *boules* de verre mince, scellées hermétiquement, et de rompre successivement ces *boules* par le mécanisme employé pour opérer dans le récipient de la pompe pneumatique. Tel étoit, dis-je, dès long-temps dans mon esprit, l'embryon de ce plan, dont je n'avois pu concevoir qu'en gros les difficultés, telles qu'elles se présenteront à l'esprit de tout physicien accoutumé à des expériences de cette nature : il falloit mettre la main à l'œuvre pour pouvoir juger au-delà, et je rencontrai bien plus de difficultés que je n'en avois prévu. Je passerai rapidement sur ces difficultés de divers genres, et ne parlerai même des différens appareils où j'échouai, qu'autant qu'il sera besoin pour montrer la nécessité des conditions de celui par lequel je parvins enfin à mon but.

585. Le premier appareil que j'employai, fut celui dans lequel j'avois fait les expériences rapportées dans les deux Parties précédentes,

consistant en deux vases, l'un desquels contenoit la chaux, et qui pouvoit être séparé de celui des instrumens, quand la *sécheresse extrême* y étoit produite. Je fis adapter une *boîte à cuir* au couvercle de ce dernier; et estimant, d'après les expériences de M. DE SAUSSURE, la quantité d'*eau* dont je pourrois avoir besoin, je préparai 10 petites boules de verre, scellées hermétiquement, contenant chacune 1 grain d'eau, et je les plaçai dans des cavités autour d'une espèce de guéridon fixe, au centre duquel passoit la baguette de la *boîte à cuir;* cette baguette ayant un bras fixé à angle droit, par lequel je pouvois rompre les boules les unes après les autres, en le pressant sur elles.

586. Quand la *sécheresse extrême* étoit produite dans cet appareil, il s'agissoit d'en séparer le vase à chaux, sans qu'elle diminuât. Je n'avois pas eu besoin d'exactitude à cet égard dans mes expériences précédentes; parce que je n'avois pas dessein d'y déterminer la quantité d'*eau*, mais seulement de voir les rapports des marches de divers hygroscopes par les mêmes quantités : ainsi, l'humidité qui entroit dans le vase des instrumens durant la séparation de la *chaux*, servoit au premier pas de l'expérience. Mais ici il falloit conserver

toute la *sécheresse*, et j'avois cru y parvenir, en prenant un moment de basse température pour fixer le vase à chaux, afin que, l'ôtant par une température plus élevée, qui allât en haussant, l'air intérieur eût plus de disposition à sortir durant l'opération, que l'air extérieur à entrer : cependant, malgré toute la diligence que j'apportai à sceller la coulisse, en me faisant aider par un vitrier, lorsque l'opération fut finie, l'*humidité* se trouva déjà sensible dans le vase.

587. Ne pouvant donc pas compter sur ce moyen, je me déterminai à sceller la coulisse dès que les instrumens seroient placés dans le vase antérieur; ce qui exigea un autre vase à chaux, communiquant avec celui-là par la jonction de deux tubes, dont l'un appartenoit à la coulisse, et pouvoit, par un certain mécanisme, être fermé par une valve conique avant la séparation du vase à chaux. Cette méthode réussit quant à la séparation des vases; mais je vis ensuite l'*humidité* augmenter par degrés dans celui des instrumens. Cependant, comme ses progrès étoient lents, et en attendant que j'eusse songé à quelqu'autre méthode, je commençai à rompre des boules de verre, afin d'essayer cette partie de l'opération, dans laquelle je trouvai des difficultés

que je n'ai surmontées entièrement que bien tard.

588. La première partie de l'appareil que je suspectai de laisser rentrer l'*humidité*, fut la *boîte à cuir;* je crus que quoique ses rondelles de cuir fussent imbibées d'huile, elles pouvoient donner elles-mêmes de l'humidité; mais je craignis sur-tout que ce ne fût paslà un moyen sûr d'exclure pour long-temps tout échange de l'air extérieur avec l'air intérieur dans les changemens de *température;* de sorte que ne connoissant aucun autre moyen d'agir dans un appareil fermé, je crus long-temps que c'étoit là un obstacle invincible à mon but. Cependant enfin il me vint à l'esprit d'avoir une boîte remplie de *cire à cacheter* au lieu de *cuir*, et de ramollir cette cire par la chaleur, quand je voudrois faire agir la baguette : et comme après avoir arrangé cette partie d'après quelques expériences, elle réussit parfaitement, et passa d'appareil en appareil jusqu'au dernier, je vais la décrire dès-à-présent.

589. La boîte est cylindrique; elle a environ trois quarts de pouce de hauteur et de diamètre; son épaisseur est d'environ un huitième de pouce, et elle se soude sur l'appareil par un rebord d'environ deux lignes :

son fond, qui est à niveau du dessus de ce rebord, est percé pour la baguette, qui passe aussi à l'entrée, dans une traverse de laiton fixée par des vis sur le bord de la boîte. La baguette de laiton doit être très-droite et bien cylindrique, afin de passer dans ces trous sans balottement ; par-là elle ne dérange point la cire dans ses petits mouvemens verticaux ; celle-ci étant retenue par le fond quand la baguette descend, et par la traverse de dessus, quand elle monte. Ce n'est pas la *cire* cependant qui soutient la baguette ; il ne faudroit pas compter sur elle pour cela quand elle ramollit, la baguette étant chargée d'autres pièces ; ainsi je l'ai fait passer au-dessous de la boîte, dans un tube de laiton, fendu et élastique, qui la presse assez pour la soutenir seul, malgré son poids.

590. J'emploie, pour ramollir la cire, un anneau de laiton d'environ un quart de pouce d'épaisseur, un peu plus haut que la boîte, et qui repose sur son rebord. Cet anneau embrasse exactement la boîte en bas, dans une hauteur d'environ deux lignes, pour l'empêcher de balotter ; mais dans le reste de la hauteur, son diamètre intérieur est plus grand d'environ une ligne, pour que sa chaleur ne soit pas immédiatement appliquée à la boîte,

et

et que la cire s'échauffe ainsi plus lentement et plus également. J'ai deux anneaux semblables, afin de n'échauffer la boîte que par degrés; pour le premier, il suffit qu'une goutte d'eau y bouille lentement ; le dernier doit être un peu plus chaud.

591. La plus fine cire, celle dont les bâtons se courbent aisément en été, doit être employée à cet usage : j'en coupe de petits morceaux, dont je remplis d'abord la boîte, puis je lui applique un anneau peu chaud. A mesure que la cire se fond et s'affaisse dans la boîte, j'en ajoute de petits morceaux avec des pinces, jusqu'à ce que, par cette fusion lente, la boîte en soit remplie. Durant l'opération, il se dégage de la cire quelques bulles d'air, que je fais sortir en perçant leur enveloppe avec une épingle. Quand l'opération a été conduite avec patience, en employant aussi peu de chaleur qu'il est possible, la surface de la cire, à niveau de la boîte, est parfaitement unie ; et en usant de la même précaution pour la ramollir quand on veut mouvoir la baguette, on est sûr qu'aucun défaut des expériences ne provient de cette partie.

592. Une boîte de cette espèce ayant été fixée sur mon appareil, je renouvellai la

tentative de l'expérience. Après avoir placé de nouvelles boules de verre dans le vase, produit la *sécheresse* extrême, et séparé le vase à chaux au moyen de la valve, qui aussitôt fut luttée avec le ciment de vitrier, je laissai l'appareil dans cet état, pour savoir si la *sécheresse* subsisteroit; mais je vis de nouveau l'*humidité* pénétrer dans le vase : cependant je rompis quelques boules, pour continuer l'épreuve de cette partie de l'opération. Quant à la *clôture* du vase, n'ayant aucun doute à l'égard de la *cire*, je portai mon soupçon sur le *ciment de vitrier*, qui luttoit toutes les parties de mon appareil, le couvercle, la coulisse et la valve : je l'avois employé avec confiance, par l'expérience de mes vases à chaux, où la sécheresse se conservoit depuis plusieurs années; mais je pensai alors que le peu d'humidité qui se trouvoit dans ce ciment encore frais, qui n'étoit rien dans ces vases, pouvoit suffire pour empêcher le succès de mes expériences. Je me déterminai donc à employer la *cire d'abeille* ramollie avec de l'huile de térébenthine : je préparai de nouvelles boules de verre; j'amenai encore l'opération jusqu'à la séparation du vase à chaux; mais je ne me trouvai pas plus avancé; et cette nouvelle tentative ne me servit qu'à

faire un autre essai des boules de verre.

593. Il n'y avoit point d'autre ressource que d'employer par-tout la *cire à cacheter*, mais il falloit changer tout l'appareil ; car on ne peut employer cette cire avec succès, que lorsqu'elle est fondue tranquillement par la chaleur des pièces même qu'elle doit réunir ; or tous les joints que j'avois à sceller étant latéraux, la cire auroit coulé sans les garnir suffisamment. Je fis donc faire un nouveau vase pour les instrumens, auquel je fixai d'abord la glace par de petits crampons, chauffant ensuite tout le vase de manière qu'en passant un bâton de cire sur le joint du métal et du verre, la *cire* se fondit par leur chaleur, et le vase étant peu incliné, la cire garnit très-bien les joints.

594. Les instrumens étoient introduits dans ce vase par le haut, et il ne s'agissoit que de lui appliquer un couvercle plat, reposant sur un rebord plat du vase, et laissant en dehors un espace d'une ligne. J'échauffois ce bord par une grosse masse de cuivre, emmanchée comme un fer à souder, et c'étoit le bord lui-même qui fondoit la cire à mesure que la masse chaude y passoit. D'un côté du couvercle, au-dessus, étoit la *boîte à cire* avec sa baguette, et de l'autre une ouverture

qui se fermoit par une valve de laiton émoulue dans un cercle de même métal. J'eus besoin aussi d'un vase à chaux d'une autre construction. Celui-ci avoit dans le haut un tube horizontal, terminé par un tube vertical, fermé par le haut, et dont le bas venoit embrasser la valve. Par un mécanisme que j'aurai occasion de décrire, la valve étoit soulevée dans l'entonnoir, et le bord de celui-ci étoit alors scellé avec de la *cire* sur le couvercle.

595. Quand cet appareil fut fini, et de nouvelles boules de verre mises en place, je recommençai l'opération. La *sécheresse extrême étant* produite, je n'eus qu'à laisser descendre la valve, retirer le vase et sceller la valve avec de la cire. Je comptois beaucoup sur cet appareil; mais dès le lendemain je vis paroître de l'*humidité*, et elle augmenta de jour en jour. Je changeai encore diverses parties de l'appareil, toujours recommençant l'opération, et sans succès. Je fis un nouvel appareil, pour pouvoir y changer la disposition des ouvertures supérieures, et je ne réussis point encore. Cependant, comme dans ce dernier appareil les progrès de l'*humidité* se trouvoient fort lents, je poussai jusqu'au bout la rupture des *boules*

de verre, ce qui me montra clairement la cause que j'avois soupçonnée. Dans mes premières tentatives, j'avois vu paroître de l'*humidité* et *s'accroître* peu-à-peu, avant que j'eusse rompu aucune boule, et cette fois je la vis *diminuer* quand il y eut assez de boules rompues pour que l'*humidité* fût plus grande à l'intérieur qu'à l'extérieur; signe certain que quelque ouverture imperceptible donnoit passage à l'air intérieur quand la chaleur augmentoit, et qu'étant remplacé par l'air extérieur quand elle diminuoit, c'étoit ce dernier qui produisoit les changemens opposés suivant les circonstances.

596. Je n'avois rien à ajouter aux précautions pour fondre la *cire*, et je ne voyois d'autre partie à suspecter que les soudures du vase de fer-blanc. Je les fis donc repasser et couvrir même de lames de fer-blanc soudées ; je recommençai l'opération, qui eut le même succès. Alors je soupçonnai le *fer-blanc* lui-même d'avoir quelque petit trou imperceptible ; et ne voulant plus me fier à à un vase de cette espèce, parce que chaque tentative me coûtoit beaucoup de temps et de travail, j'en vins à des vases de *verre ;* d'abord sous la forme de grands tubes, afin d'avoir un fond de métal sur lequel je pusse

fixer les supports des instrumens ; puis d'autres ouverts seulement par le haut, par où s'introduisoit une sorte de cage dans laquelle tous les instrumens étoient fixés. Mais tout fut en vain. Dans les essais, après que l'*humidité* avoit paru et augmenté avant que je rompisse des boules de verre, elle diminuoit, quand elle s'étoit élevée au-dessus de l'*humidité* extérieure. C'est ainsi que j'avois employé trois ans en tentatives, pour me persuader, pendant quelque temps, que mon plan étoit inexécutable.

597. Cependant je portois toujours dans mon esprit le regret de ne pouvoir atteindre un but dont je sentois toute l'importance ; et à force d'y réfléchir, il me vint enfin en idée que quelque ductile que fût ma *cire*, elle ne l'étoit peut-être pas assez pour se prêter aux contractions et expansions différentes du *verre* et du *laiton* qu'elle servoit à réunir, et que par la grande étendue des *ouvertures*, le tiraillement avoit assez d'effet pour que la *cire* abandonnât l'un ou l'autre dans quelque point imperceptible. Ces grandes *ouvertures* m'avoient été nécessaires par l'étendue du plan que j'avois embrassé ; je voulois observer à-la-fois deux hygromètres à *cheveu* et deux à *baleine*, outre le

thermomètre ; mais ne voyant plus de ressource que celle de tenter de nouveau l'expérience avec un vase qui n'eût que l'*ouverture* fermée par la valve, je fus obligé de me réduire à un seul hygromètre à *baleine*, et un thermomètre, et c'est ainsi qu'enfin j'ai réussi. Je vais donc décrire maintenant tout mon dernier appareil.

598. J'ai employé un vase de verre d'environ 24 pouces anglois de hauteur avec le col, et 8 pouces de diamètre. Le col, coupé plat, s'élève d'environ demi-pouce au-dessus de la partie un peu arrondie du sommet ; ce col a environ un quart de pouce d'épaisseur, et deux pouces et trois quarts d'ouverture, fermée par une *valve* que je vais décrire, parce que c'est une des pièces essentielles de l'appareil. Cette *valve* a trois quarts de pouce d'épaisseur : elle a été d'abord tournée, en y laissant un rebord d'une ligne, qui devoit reposer sur la partie platte et horizontale du col de verre ; mais quand le travail du tout fut assez avancé, la pièce fut émoulue dans l'ouverture, jusqu'à ce que le rebord lui-même pût l'émoudre avec la partie platte du col. La *boîte à cire* est au centre de cette *valve*, sous laquelle est vissé le tube élastique qui soutient sa baguette : tout l'équipage

d'instrumens qui doit entrer dans le vase est aussi fixé sous elle de la manière que j'expliquerai.

599. Un cercle de laiton d'un quart de pouce d'épaisseur, ayant à sa partie inférieure un rebord de demi-pouce, évasé suivant la forme du dessus de la *bouteille*, embrasse son col. Ce cercle a d'abord été formé sur le tour jusqu'au point, qu'étant à sa place, il ne surpassoit la valve, aussi à la sienne, que d'autant qu'il étoit nécessaire pour qu'en le limant par-dessous aux points qui portoient sur des inégalités du dessus du vase, il pût arriver tout le tour au niveau de la *valve*. Cela fait, ce cercle a été fixé d'abord avec du plâtre; ne pouvant pas compter sur la *cire*, à cause de la chaleur que cette partie devoit éprouver; mais il n'y a eu que la cire qui, en injectant le plâtre dans deux opérations, dont la première fut sans succès par le défaut du plâtre, ait rendu cette partie imperméable à l'air. Ce cercle laisse entre lui et le rebord de la *valve* un espace d'un peu plus d'une ligne, dans lequel le bord horizontalement émoulu du col de verre, demeure à découvert, à environ une ligne de profondeur.

600. Cinq baguettes de laiton, fixées sous la *valve*, à son bord, portent par le bas une

espèce de *table* circulaire de même diamètre que le bas de la *valve*. Cette table est en forme de cage, consistante en deux cercles faits en forme de roue à trois rayons, à la réunion desquels est un trou où passe le bas de la baguette de la boîte à cire. Les deux cercles sont réunis par des piliers d'environ sept lignes de haut. Les *boules de verre* sont affermies par un peu de cire molle, dans des cavités du limbe supérieur de cette petite *table*, et l'*hygromètre* avec un *thermomètre* sont portés sous elle par une pièce fixée aux rayons du limbe inférieur; de maniére que tout l'équipage passe par l'ouverture du vase, et que lorsque la *valve* vient la fermer, l'*hygromètre* et le *thermomètre* se trouvent au milieu de la hauteur du vase.

601. La construction du *vase à chaux* me présenta d'abord quelques difficultés. Il devoit avoir l'*entonnoir* dont j'ai déjà parlé, pour venir couvrir la *valve*; mais celle-ci étoit maintenant surmontée de la boîte à cire avec sa baguette, ce qui exigeoit un moyen d'élever et abaisser l'*entonnoir*. Il falloit aussi que durant l'opération de la chaux, la *valve* et sa *baguette* fussent logées dans cet *entonnoir*, pour redescendre avant qu'il fût séparé du vase. Après bien des considérations et des

essais, je parvins à mon but, et je vais d'abord décrire ce *vase à chaux*.

602. Le vase lui-même est fait de deux plaques de fer-blanc très-fort, assez grandes pour fournir sa longueur, quoique de 2 pieds et 8 pouces de largeur à ses faces égales : tout y est soudé de soudure très-forte, et recouverte par des bandes aussi soudées, pour pouvoir y introduire la chaux dès qu'elle a perdu l'incandescence. Ce vase est destiné à être horizontal ; il a une roulette à deux de ses côtés opposés, au milieu de la hauteur étant couché, et ces roulettes, quant à la longueur, sont placées de manière que le vase tend à s'incliner du côté de l'entonnoir, reposant ainsi par son poids sur le vase de verre quand il lui est réuni. Vers cette extremité et dans le même plan que les roulettes, sont soudées de fortes anses. L'*entonnoir* projette de ce côté-là, en forme de T couché, étant fait de deux tubes réunis sous cette forme. Le tube horizontal, qui tient au vase, a 3 pouces de diamètre, avec la longueur nécessaire pour porter le tube vertical sur l'ouverture du vase de verre, sans que les deux vases se touchent. Le tube vertical, avec lequel le tube horizontal communique, a 3 $\frac{1}{2}$ pouces de

diamètre, et il dépasse le dernier d'un pouce, tant au-dessous qu'au dessus, ce qui lui donne 5 pouces de haut : il est ouvert par le bas, où il a un rebord extérieur bien plat, d'environ une ligne, qui doit reposer sur le collet de laiton du vase de verre, laissant une partie du collet à découvert; et c'est sur ce rebord et le collet que je fais fondre la cire. Le haut de ce tube est fermé, excepté qu'il s'élève de son centre un autre tube, d'un pouce de diamètre, et de 3 $\frac{1}{2}$ pouces de haut, pour loger la baguette de la boîte à cire. Je dirai bientôt comment cela s'exécute.

603. Tout l'appareil est placé sur une table très-solide, de 4 pieds de haut, 3 de long et 2 de large. Sur une partie de sa longueur s'élèvent deux chassis, bien liés entre eux par leur base, et une partie de leur hauteur, entre lesquels, dans le haut, le *vase à chaux* est placé horizontalement, reposant sur les chassis par ses roulettes et ses anses; de sorte qu'en le prenant par ces dernières, on peut le faire avancer ou reculer. Sur le devant de table, pour l'observateur, (qui est à l'une de ses extrémités) est une ouverture circulaire par laquelle passe le *vase de verre*, soutenu par dessous sur une tablette à la hauteur convenable pour observer les instrumens au-dessus de la table :

c'est cette hauteur qui a déterminé celle des chassis qui portent le *vase à chaux;* parce qu'il falloit que l'ouverture de son entonnoir et celle du vase de verre fussent dans le même plan horizontal. L'ajustement de ces plans, pour qu'ils soient bien parallèles, se fait par des calles sous le vase de verre; et quand on a amené ainsi le vase à recevoir bien à plat sur son bord l'embouchure de l'entonnoir, on le rend fixe par des pièces de carton dans l'ouverture de la table; car il ne faut pas que rien puisse remuer quand les deux vases sont réunis par la *cire*.

604. Le *vase à chaux* étant dans une situation horizontale, il auroit été à craindre que quelque parcelle de chaux ne vînt, par l'entonnoir, tomber dans le vase des instrumens, parce que la valve est soulevée durant leur jonction. Pour prévenir cet inconvénient, qui auroit fait manquer l'opération, j'ai fixé dans le vase à chaux une cage formée d'un tissu de fil d'archal, qui en occupe l'axe dans presque toute sa longueur, en s'écrasant vers l'entonnoir, où elle est d'un plus grand diamètre que le tube horizontal; cette cage fut soudée à la partie du vase qui la porte, avant que cette pièce fût soudée au vase. Par là aucune parcelle de chaux ne peut entrer dans

l'entonnoir; car s'il vient à en passer au travers du tissu, à la partie supérieure ou aux côtés de la cage, tombant sur la partie inférieure qui est plus basse que l'ouverture, elles restent sur ce fond. L'ouverture pour introduire la chaux est à l'extrémité opposée à celle de l'entonnoir; il fut rempli auprès d'un four-à-chaux, de la manière décrite au §. 471 : quand il n'est pas appliqué au vase des instrumens, l'embouchure de son entonnoir est fermée par un couvercle entrant dans l'entonnoir, et laissant au dehors un rebord qui dépasse d'une ligne celui de l'entonnoir, sur lequel on fait fondre de la cire en appliquant par-dessous un cercle de métal chaud.

605. Je viens au mécanisme par lequel je soulève la *valve* contre le fond supérieur de la partie verticale de l'entonnoir; ce qui ouvre la communication entre les deux vases, sans autre obstacle que les petites baguettes que portent sous elles les instrumens, dont tout l'équipage est soulevé avec elle. La baguette de la *boîte à cire* s'élève au-dessus d'elle d'environ trois pouces; son extrémité supérieure est taillée en vis dans une longueur de 6 à 7 lignes, pour recevoir d'abord une pièce carrée, qui, après avoir été bien serrée au bas de la vis, y est goupillée par sa base, un peu plus

large que la partie carrée. Sur celle-ci, s'adapte en travers, une pièce d'environ 2 pouces de long, qui sert de clef pour mouvoir la baguette ; cette pièce est fixée par un écrou, qui laisse un peu dépasser l'extrémité de la baguette, percée d'un trou transversal plus long que large, dans lequel entre un petit crochet, fixé au bout d'un mince cordon de soie, tissu et non tordu. Il falloit pouvoir ôter la pièce qui sert de clef, pour laisser passer les anneaux dont la chaleur ramollit la cire ; et je l'ôte aussi pour que la baguette puisse se loger dans le tube fixé au-dessus de l'entonnoir, communiquant avec lui par le bas et fermé par le haut. Le cordon de soie passe au travers d'un petit trou au centre du dessus de ce tube, sur lequel est fixée une forte pince à vis entre les extrémités de laquelle vient passer le cordon servant à soulever la valve et tout son équipage : quand elle est soulevée, je serre la pince, autour de laquelle j'enveloppe le cordon, et je l'enferme elle-même sous une petite cape de laiton, dont je soude le bord sur le tube avec de la cire.

606. Il ne me reste à décrire que la manière de mettre les deux vases en communication, ce qui est l'une des opérations les

plus importantes. J'ai dit qu'il falloit que ce fût la chaleur des pièces elles-mêmes qui fondît la cire ; ainsi il faut les échauffer ; ce qui se fait par des cercles de laiton de 6 à 7 lignes de largeur et épaisseur. J'emploie de la meilleure cire, qui se fonde sans beaucoup de chaleur : j'en romps des morceaux, que je mets dans de l'eau dont je peux supporter la chaleur à mes doigts ; quand la cire est déjà assez ramollie, je commence à l'étirer dans l'eau ; et quand elle est devenue assez mince pour être également chaude jusqu'au centre, je puis l'étirer hors de l'eau en petites baguettes d'une à deux lignes de diamètre. Quand je veux employer ces baguettes, je les place à une certaine distance du feu qui me sert à chauffer les cercles de laiton, dont il faut plusieurs de différentes grandeurs et formes ; et afin qu'ils demeurent nets, je les échauffe sur une plaque de fer reposant sur le feu ; j'éprouve leur degré de chaleur en y laissant tomber des gouttes d'eau.

607. Avant que d'entreprendre l'opération, il faut s'assurer de la manière indiquée ci-dessus, que lorsque l'entonnoir du *vase à chaux* viendra s'appliquer sur le collet de laiton du *vase de verre*, il portera également tout le tour concentriquement. Tandis

que ce vase est en arrière, comme ne servant pas, son entonnoir repose sur une tablette. Quand je veux ouvrir l'entonnoir, je pose sur cette tablette un morceau de tuile bien plat, et sur celle-ci, un cercle de laiton dont le diamètre extérieur est égal à celui de l'entonnoir, à un degré de chaleur qui fasse bouillir lentement une goutte d'eau, puis je fais reposer l'entonnoir sur ce cercle. La cire étant ramollie, je fais sortir le couvercle avec la pointe d'un couteau, et aussitôt je l'écarte pour qu'il ne reste pas sur le cercle chaud, qui feroit couler la cire. Mais avant cela il y a plusieurs autres choses à préparer.

608. D'abord il faut échauffer le *collet* de laiton du *vase de verre ;* ce qui se fait par un cercle qui l'embrasse : mais si ce cercle étoit d'une seule pièce, il ne pourroit pas être ôté quand l'entonnoir est sur le collet, il a donc fallu le couper en deux par le diamètre. Il faut que ces deux demi-cercles soient supportés tandis qu'ils embrassent le collet. Pour cet effet, j'ai une petite planche percée au milieu pour laisser passer le collet et une partie du sommet du vase, mais dont l'ouverture est diminuée par une pièce de fer-blanc, clouée sur elle : c'est dans cette pièce, reposant sur la base du collet, que se placent, contre

contre celui-ci, les deux demi-cercles de laiton, rendus assez chauds pour dissiper promptement une goutte d'eau, qui doit pourtant y rester attachée quand elle y tombe.

609. Pendant que le collet s'échauffe, je nettoie soigneusement l'ouverture du vase, ainsi que la partie plate de son col de verre : s'il y est resté un peu de cire d'une opération précédente, je l'enlève avec une pointe de bois, trempée dans de l'esprit de vin. Tout l'équipage de la valve, quand il n'est pas dans le vase, est porté par un support, dans lequel il passe comme dans le vase, reposant au-dessus par le rebord de la valve : je nettoie soigneusement celle-ci, et prenant un peu d'huile au bout de mon doigt, que j'essuie ensuite presque entièrement, je le passe sous le rebord de la valve et sur sa partie émoulue, plutôt pour en ôter la poussière que pour l'huiler ; après quoi j'enlève l'équipage hors du support par sa baguette, et je l'introduis dans le vase, sur l'ouverture duquel il repose par le rebord de la valve, tourné de manière à pouvoir observer les instrumens.

610. Je me place alors convenablement et assez élevé, en face de l'appareil, ayant auprès de moi un domestique qui est accoutumé

à m'aider : il dégage le couvercle de l'*entonnoir*, dont la cire est déjà fondue, et prenant alors le vase par ses anses, je l'amène sur ses roulettes, avec son *entonnoir* élevé, jusqu'au-dessus de l'embouchure du vase de verre, son bord antérieur ayant dépassé la baguette. Mon assistant met alors le crochet à celle-ci, et tient le cordon tendu par dehors, jusqu'à ce que j'aie abaissé l'entonnoir, et qu'il soit arrangé concentriquement avec le collet du vase de verre sur lequel il repose, laissant un espace d'une ligne tout le tour. Le rebord de l'*entonnoir* est bientôt échauffé par le *collet* du vase, et une baguette de cire dont je l'environne, s'y fond, en s'étendant sur le *collet* : si la cire manque quelque part, j'en ai de petits morceaux prêts, que je place avec une pince convenable. Tandis que la cire se fond, je soulève la *valve* et tout son équipage par le cordon ; je serre celui-ci avec la pince autour de laquelle je l'entortille, et je couvre le tout avec la cape, que j'échauffe avec un anneau exprès, pour qu'elle fonde aussi la cire autour d'elle. J'ôte alors les deux demi-cercles chauds qui ont fondu la cire autour de l'*entonnoir*, j'observe et note la température intérieure de l'appareil, et l'observation est finie.

611. Quand la *sécheresse extrême* est produite, il s'agit de la conserver, et c'est pour ce point indispensable que j'ai pris le plus de soin. La *valve* est si bien adaptée à l'embouchure du vase, que quand elle est venue la remplir, elle empêcheroit toute communication du dedans au dehors, sans les vicissitudes de la chaleur : j'attends, pour enlever le vase à chaux, que la température soit la même que lorsqu'il a été fixé ; parce que la chaleur nécessaire pour le détacher, suffit pour compenser la cessation de l'effort de la *vapeur* qui a été enlevée par la chaux ; ainsi durant le moment critique de l'opération, l'air intérieur a plus de tendance à sortir, que l'air extérieur à entrer. Quand la *valve* est à sa place et l'*entonnoir* enlevé, il faut souder la première. J'ai pour cela deux anneaux de laiton de même épaisseur que ceux dont j'ai déjà parlé, dont le diamètre extérieur est le même que celui du *collet*, et qui sont assez larges pour empiéter, par le dedans, d'un quart de pouce sur la *valve*. Ces cercles, au milieu de leur largeur, dans leur partie inférieure, ont une rainure concentrique large et profonde, au moyen de laquelle ils ne portent que par leurs bords, tant sur le *collet* que sur la *valve*, et ne peuvent ainsi

toucher la cire, qui doit se fondre librement dans leur intervalle, au fond duquel la partie du bord plat du col de verre, qui n'est pas couverte par le bord de la *valve*, se trouve à nud.

612. Trois fortes presses de laiton sont aussi préparées pour fixer la *valve*, tandis que la cire est encore molle; car comme la *boîte à cire* est à son centre, et que lorsque la baguette a rompu une boule de verre par sa pression, il faut la retirer d'autant qu'elle s'est enfoncée, il ne falloit pas que la *cire* supportât cet effort. Ces presses sont faites en équerre, la partie verticale s'élargit en portion de cercle, pour être appliquée à l'extérieur du *collet*, et fixée par deux vis : la partie horizontale s'avance de demi-pouce sur la *valve*, et porte une vis verticale, destinée à fixer celle-ci. Ces presses ne pouvoient pas être placées à demeure, parce qu'il faut que la *valve* et le *collet* soient libres tandis que la cire se fond entre eux, mais je les fixe tandis qu'elle est encore molle.

613. Tout doit être préparé pour cette opération d'ôter le vase à chaux, avant que de l'entreprendre, afin de ne point perdre de temps. Les demi-cercles et tous les cercles sont sur la plaque de fer, où ils s'échauffent; les

baguettes de cire, et tous les instrumens nécessaires sont à portée. Je place d'abord les deux demi-cercles autour du *collet*, pour ramollir la cire qui fixe l'*entonnoir* au vase, et je mets sur la tuile le cercle qui doit souder le couvercle à l'*entonnoir* quand il sera enlevé : ce couvercle est placé sur le cercle, dès que je vois la cire fondue sur le *collet*. Je mets alors le petit anneau chaud, sur la *cape* du haut de l'*entonnoir*, je la dessoude, j'enveloppe l'extrémité du cordon de soie autour de mon doigt, pour le tenir tendu pendant que je desserre la vis de la pince, et je laisse ensuite descendre tout l'équipage, qui s'arrête lorsque le rebord de la *valve* porte sur la partie plate du col du vase. Voilà le seul moment où il y ait communication du dedans au dehors, et c'est seulement par le petit trou dans lequel passe le cordon; mais le vase étant alors un peu plus chaud qu'au moment où il fut fermé, il sort plutôt de l'air qu'il n'en entre.

614. Dès que la *valve* est en place, je dégage le bord de l'entonnoir, en enlevant la cire avec la pointe d'un couteau. Je suis en face de l'appareil, à une hauteur convenable. Je soulève un peu l'entonnoir avec le tranchant du couteau; et tandis que l'assistant le tient soulevé,

je prends les anses du vase et le soulève jusque par-dessus la baguette de la valve. Le cordon de soie qui est libre glisse dans son trou, l'assistant le décroche, et je fais reculer le vase jusqu'à ce que l'entonnoir vienne embrasser son couvercle déjà chaud, sur lequel je le presse, et l'assistant achève de le souder. Aussitôt je fais entrer une des baguettes de cire entre le *collet* et la *valve*, et je la couvre d'un anneau à rainure, peu chaud d'abord, parce que le *collet* l'est déjà. Cette première baguette est bientôt fondue, et va occuper le fond de l'espace circulaire; j'en place une seconde, et une troisième s'il est besoin; en levant de temps en temps le cercle, pour voir ce qui se passe au-dessous, et lui en substituant un autre quand il n'est plus assez chaud. Il sort des bulles d'air de la cire elle-même, qu'il faut dégager avec la pointe d'une épingle. Quelquefois aussi, le vase continuant à s'échauffer, l'air qui tend à sortir, soulève un peu la valve et produit quelque vessie de cire : alors je fais environner le vase d'un linge mouillé, pour le rafraîchir; et quand cet effet a cessé, que la cire n'a plus de bulles, et que le joint en est comblé, je mets les presses pour fixer la valve, posant sur celles-ci le dernier cercle chaud,

pour que toutes les parties se refroidissent lentement avec lui.

615. On peut concevoir le plaisir que j'éprouvai après tant de temps et de tentatives inutiles, lorsqu'à la seconde que je fis avec cet appareil, la sécheresse produite s'y conserva absolument, après la séparation du vase à chaux, de même que tous ses degrés successifs d'humidité, quoique produits à de grands intervalles. J'avois enfin rencontré juste. Par la petitesse de l'ouverture du vase, la différence de dilatabilité du laiton et du verre ne pouvoit produire qu'un effet presque insensible, et la ductilité de la cire s'y prêtoit sans abandonner l'un ou l'autre en aucun point. Cependant, pour avoir poussé la confiance trop loin, en faisant supporter à l'appareil une température de 10 degrés de *Fahr.* au-dessous de la congélation, tandis que l'*humidité* y étoit déjà grande, je la vis diminuer par degrés : la cire, devenue trop dure, s'étoit séparée quelque part du verre ou du laiton.

616. Arrivé enfin à mon but, de faire évaporer de l'eau, à différens temps, dans un vase qui demeurât toujours imperméable à l'air, je n'avois pas vaincu toutes les difficultés : mes *boules de verre*, qui dès le commencement m'en présentèrent, continuoient

encore à m'en donner. Ce fut le dernier obstacle que je surmontai, et c'est la dernière chose que j'aie à décrire, en la prenant dès l'origine. Renfermer l'eau dans ces boules en quantité précise, requéroit de l'habitude et bien de petites inventions; mais ce ne fut pas de là que naquirent les difficultés, c'étoit seulement un ouvrage de patience. Je pesois ces boules dans un des *fléaux* que j'ai décrits ci-devant; mais comme il n'étoit pas dans une caisse vitrée, dont je n'aurois même pu me servir, il falloit un temps parfaitement calme, et être même en campagne, pour que la maison ne fût pas ébranlée par des passages de voitures. La quantité d'*eau* que je mettois dans ces *boules*, fut d'abord d'un *grain* du poids anglois; mais comme il falloit autant de patience et de temps pour peser exactement 1 *grain* que tout autre poids, je pensai à mesurer d'abord la capacité de mes vases, et à prendre l'*eau* dans une quantité équivalente à 1 grain dans 1 *pied cube*. La contenance de mon dernier vase s'étant trouvée exactement $\frac{7}{10}$ de *pied cube*, je mis dans les *boules* que j'y employai $\frac{7}{10}$ de *grain* d'eau. Je savois, d'après mes premières tentatives, que 7 *grains* anglois d'*eau* dans 1 pied cube anglois étoient plus que suffisans pour la plus haute température

à laquelle je m'étois fixé ; savoir : 60° de *Fahr.* ; ainsi je n'avois besoin que de 7 boules ; mais pour les obtenir, il falloit commencer l'opération au moins sur 10, à cause des difficultés qu'on verra ; et pour avoir ces 10, il falloit souvent en faire souffler deux ou trois douzaines ; parce qu'elles devoient être d'une certaine grosseur exacte (4 lignes de diamètre) pour que le bras de la baguete les rencontrât toutes à même hauteur, et il falloit aussi qu'elles fussent très-minces. Ces boules étoient soufflées de tubes très-minces eux-mêmes, d'environ trois quarts de ligne de diamètre intérieur, laissant à la boule un peu plus d'une ligne de ce tube, tirant en pointe au-delà.

617. Le *fléau* que j'emploie à peser ces *boules* est fixé sur une table solide ; il y pend une boîte légère et profonde, dans laquelle je puis placer les *boules* et les en retirer en les tenant par leurs pointes. Au devant de la boîte est une sorte de petite table, faite d'une lame de laiton mince avec des rebords, sur laquelle je puis mettre des poids. Quand j'ai choisi les *boules* sur lesquelles je dois opérer, je les pèse d'abord dans une autre balance, pour choisir la plus pesante, que je place dans la petite boîte ; et alors j'ajuste le *fléau*, pour que son index soit au o de l'échelle, et qu'un

grain mis sur la petite table, lui fasse parcourir ses 100 degrés, ou à-peu-près. Si c'est 100 exactement, l'*eau* mise dans les *boules* doit le faire arriver à 70; s'il y a quelque différence, j'en prends la proportion de 7 à 10. Si l'on pouvoit compter sur une parfaite stabilité d'un tel *fléau*, quoique bien fait, sur un temps absolument calme, et sur sa propre patience, on pourroit peser jusqu'aux millièmes de grain; car les degrés sont assez grands pour estimer les dixièmes; mais je crois au moins avoir pesé bien sûrement jusqu'aux deux centièmes de grain. Quand cette première *boule* est remplie, les autres étant toutes moins pesantes, je n'ai qu'à ajouter de petits poids, jusqu'à des particules de limaille, sur la petite table, pour amener l'index au o de l'échelle, après quoi l'opération est la même.

618. Cette opération commence par chauffer un peu la *boule*, et faire ensuite plonger sa pointe dans quelque petit vase où il y ait de l'eau. J'ai tant rempli de ces *boules*, que je puis juger quand il y a assez d'*eau*; et aussitôt, prenant la *boule* par sa pointe, je la mets dans la petite boîte du *fléau*: s'il s'y trouve un peu trop d'*eau*, j'attends qu'elle soit refroidie, pour qu'il y soit rentré de l'air. Il reste presque

toujours de l'*eau* dans la pointe, et s'il n'y en a pas, une petite secousse y en porte. S'il y a sensiblement trop d'eau, en prenant la *boule* entre mes doigts, je fais sortir celle qui est dans la pointe, que je reçois avec un morceau du papier spongieux; s'il n'y en a que bien peu de trop, je mets la *boule* dans une cavité faite à une pièce de bois, et par le contact plus ou moins grand d'un de mes doigts, je fais arriver un peu d'*eau* à l'extrémité de la pointe, où je l'enlève avec le papier : s'il n'y a pas assez d'eau dès le commencement, tandis que la *boule* est encore chaude au *fléau*, je présente à sa pointe, avec la tête d'une épingle plus ou moins grosse suivant le besoin, un peu d'*eau* que la boule pompe en se refroidissant; ce que je fais par degrés. Tels sont les moyens, le reste est patience. Quand le poids est exact, la *boule* étant au *fléau*, j'attends que l'*eau* se soit retirée de la pointe, je la scelle avec la flamme d'une petite bougie.

619. C'est là, dis-je, un ouvrage de patience; il n'y a pas de difficulté. Quand il reste de l'eau dans la pointe, d'un coup de chalumeau on l'en chasse par sa propre vapeur; et il est aisé alors d'accourcir la pointe, en la coupant à la flamme du chalumeau. C'est ainsi que je procédois d'abord; mais les

difficultés se présentèrent ensuite. Je fixois les boules avec de la cire molle, couchées dans les cavités de leur support, pour que la pointe fût horizontale; croyant que c'étoit la meilleure situation, pour qu'après avoir chassé l'*eau* de la partie restante de la pointe, elle n'y revînt pas : mais elle y revenoit bientôt par l'évaporation, et la pointe s'en remplissoit jusque dans sa partie évasée. Pour ne pas perdre de vue cette *eau*, je tâchois de rompre les *boules* de manière que la *pointe* demeurât à la partie qui restoit sur le support : l'eau paroissoit s'en évaporer en entier dans les trois premières boules; mais dès la quatrième j'en voyois rester une quantité sensible dans sa *pointe;* il en restoit de plus en plus dans les suivantes, et il en revenoit dans les précédentes : en un mot ces *pointes*, dont j'ai déjà fait mention au §. 288, étoient des *hygroscopes*, où la théorie que j'ai établie en cet endroit se prouvoit par des effets visibles. A mesure que la *chaleur* augmentoit, l'eau diminuoit d'une certaine quantité dans ces tuyaux capillaires évasés, et elle cessoit de diminuer quand elle étoit réduite dans une partie assez étroite, pour qu'elle tendît plus à y rester, qu'à céder à l'action du *feu;* et à mesure que la quantité de celui-ci diminuoit,

c'est-à-dire quand la *température* baissoit, l'*eau* pouvant résister au *feu* dans une partie moins étroite, la *vapeur* y en déposoit.

620. C'est de là que naquit la difficulté quant à la préparation des *boules* : il falloit se délivrer de ces *pointes*, puisqu'elles retenoient une partie de l'*eau* ; et pour cet effet, il falloit sceller les *boules* tout près de la portion restante du tube originaire. Mais la flamme du chalumeau venant si près de la *boule*, l'*eau* s'y échauffoit, et sa *vapeur* acquéroit assez de force pour percer la partie ramollie de verre à l'extrémité du goulot. Je surmontai cette difficulté, en employant, pour tenir mes *boules*, une pince à sucre, sur une des branches de laquelle j'ajustai un petit écran mobile fait d'une lame de laiton. Quand la *boule* étoit dans la pince, j'ajustois l'écran de manière qu'il ne fût dépassé que par la base de la pointe, là où il falloit que la flamme du chalumeau s'appliquât pour que je pusse l'enlever en entier : après quoi, continuant l'action de la flamme, je tâchois de la faire cesser à l'instant où la *vapeur* commençoit à élargir cette partie. Si je prenois bien mon moment, le petit *goulot* restoit arrondi dans le fond ; si je tardois trop, il étoit percé. C'est à cause de cet accident, que j'étois

obligé de commencer l'opération avec dix boules, choisies comme je l'ai dit ci-dessus, pour en assurer 7; et malgré l'habitude que j'avois acquise dans cette manipulation, chaque fois que j'avois besoin de nouvelles *boules*, cette opération me prenoit sept à huit heures.

621. J'eus déjà des *boules* scellées de cette manière dans une des expérience tentées avec le pénultième appareil; et je les y avois couchées comme les précédentes, pour tenir les *goulots* dans une situation horizontale : mais l'évaporation de l'eau les remplit encore. Je m'en mis d'abord peu en peine, pensant que lorsque les *boules* seroient rompues, cette *eau* s'évaporeroit : elle s'évapora en effet des trois premières; mais dès la quatrième il en resta un peu qui ne s'évapora point, malgré tout le temps que je lui donnai : il en resta plus dans la cinquième, et cela alla en croissant dans les suivantes; elle alloit aussi en augmentant dans les précédentes, excepté dans les premières, où je n'en voyois pas revenir; mais là où il en restoit, elle me paroissoit suivre les vicissitudes de la *chaleur*.

622. C'est là un phénomène qui dépend en partie de la nature du *verre*, corps très-*hygroscopique*, qui, comme nous l'avons observé M. DE SAUSSURE et moi, est couvert

d'*eau* à la *rosée* un temps sensible avant les *métaux :* j'ai observé aussi qu'il en est couvert assez long-temps avant que l'*hygromètre* indique le *maximum* de la *vapeur ;* et M. DE SAUSSURE a remarqué, que même avant que l'*eau* y paroisse aucunement, il doit y en avoir d'attachée ; car il falloit proportionnellement plus d'*eau* pour amener son *hygromètre* à 98, dans les petits que dans les grands vases; parce que dans les premiers, la surface des parois a un plus grand rapport avec l'espace qu'elles renferment.

623. Quant à la marche des effets, nous avons aussi observé, M. DE SAUSSURE et moi, que l'*eau* superflue au *maximum* d'évaporation dans un espace, ne continue pas moins de *s'évaporer :* on l'apperçoit, parce qu'en cet état, le vase n'est jamais dépouillé d'*eau* visible que lorsque la *chaleur* va en augmentant, et qu'ainsi l'*évaporation* ne fait qu'augmenter le *maximum* de la *vapeur ;* mais dès que la température devient fixe, il y paroît de l'*eau* quelque part, et sa quantité va en augmentant. Le *feu libre*, dis-je, produit toujours de la *vapeur* en sortant de l'*eau ;* car la *vapeur* extérieure augmente peu l'obstacle que lui oppose l'air; et le même *maximum* ne se maintient, que par la cause

générale de tous les phénomènes hygroscopiques ; savoir : les *décompositions* des particules de la *vapeur* qui se rencontrent, et qui ne peuvent être réparées qu'en proportion de la quantité de *feu libre* ou de la *température*.

624. Si l'*eau* des petites *boules* étoit renfermée dans un espace absolument sphérique, ou sphéroïde, aucune partie des parois n'auroit plus de pouvoir que le reste pour retenir l'*eau* de la *vapeur*, ainsi elles seroient, ou également couvertes d'*eau* quand la *chaleur* viendroit à diminuer, ou également privées d'*eau* quand elle augmenteroit. Mais le fond des goulots est un espace plus resserré, où l'*eau* a plus de tendance à se fixer qu'à demeurer au *feu* des particules de *vapeur ;* elle s'y accumule donc, et dès qu'il y en a, c'est une cause de plus pour en retenir, puisque c'est celle qui produit la *décomposition* des particules de la *vapeur* qui viennent à se rencontrer ; c'est-à-dire, l'union de l'*eau* à l'*eau*, pour laquelle elle a plus de tendance qu'à rester unie au *feu*. Le reste des effets dépend de la plus ou moins grande quantité du *feu libre*.

625. N'ayant donc pu voir l'*évaporation* entière de l'*eau* des petits *goulots* dans leur situation

situation horizontale, ni lorsque tombant au fond du vase avec les autres éclats des *boules*, ils y restoient couchés, je changeai leur situation dans la première expérience que je tentai avec mon nouvel appareil, plaçant les *boules* avec leurs *goulots* tournés en bas, comme on fait égoutter les bouteilles ; espérant que la *vapeur* ayant une tendance à s'élever, s'en dégageroit plus aisément. Cependant il arriva la même chose ; les *goulots* des trois premières *boules* se vidèrent fort bien, mais il resta un peu d'*eau* pendant long-temps dans la quatrième, et celle qui demeura dans la cinquième, la sixième et la septième, ne les quitta point, quelque temps que je laissasse l'appareil en cet état ; elle diminuoit par une grande augmentation de *chaleur*, mais je la voyois augmenter ensuite, sans pourtant qu'il en retournât dans celles qui en avoient été entièrement privées. Cette circonstance promettoit bien que si l'on pouvoit enlever l'eau des goulots, elle n'y reviendroit pas ; mais comment l'en chasser entièrement ? — « Si l'on pouvoit *pomper* cette » *eau* » *!* dis-je un jour tout haut par exclamation, en la considérant avec une sorte de dépit. Cet élan de l'imagination ne me fut pas inutile, car un moment après je vins

à me dire : — « Pourquoi ne pourroit-on pas » la *pomper* » ? — Puis j'en trouvai le moyen, après néanmoins avoir tiré de cette expérience tout le parti que je pus pour me mettre toujours mieux au fait de la marche générale.

626. Le premier moyen que j'employai fut celui-ci. Ayant retiré les instrumens de l'appareil, je fixai à la *baguette* de la *boîte à cire* un second bras, de même longueur que l'autre, dont il étoit éloigné de moitié de la distance angulaire des *boules*, en arrière quant au sens dans lequel je faisois mouvoir la baguette d'une boule à l'autre, et plus élevée d'environ un pouce : une pointe d'un pouce de long traversoit verticalement ce bras, descendant au niveau du dessous du premier, et cette pointe étoit enveloppée d'une bandelette étroite de papier très-spongieux, qui s'élevoit librement un peu au-dessus du bras. Quand tout fut prêt avec de nouvelles *boules*, la *sécheresse extrême* régnant dans le vase, je recommençai l'opération de produire l'*humidité;* et voyant encore de l'*eau* dans la quatrième boule deux jours après avoir été rompue, je ramollis assez la cire de la *boîte*, pour donner de la liberté à la baguettte; j'amenai alors le second *bras* au-dessus de la *boule* rompue, et je pressai

la baguette en en-bas, jusqu'à ce que la pointe garnie de papier atteignît le fond du goulot. L'eau monta aussitôt dans le papier, et s'y évapora. J'en fis de même pour la sixième et la septième *boule*, et j'eus la satisfaction de voir que les *goulots*, ayant été ainsi privés d'*eau*, n'en reprenoient plus. En enlevant cette *eau* j'avois soupçonné une des causes de tendance de l'*eau* des particules de la *vapeur* à y demeurer. Mais je m'apperçus ensuite que l'*humidité* diminuoit dans le vase; et ne pouvant l'attribuer qu'à quelque dérangement de la cire dans la boîte, par les trop grands mouvemens verticaux de la baguette, après m'être cru au port, je fus de nouveau jeté en pleine mer.

627. Considérant un jour cet état des choses, avec les yeux fixés sur le bras qui rompoit les *boules*, je ne sais comment une scène assez plaisante vint se retracer à mon imagination. J'avois vu, bien des années auparavant, dans le pays de Kalemberg, des champs remplis de mulots, où des pourceaux cherchoient à les déloger avec leur groin pour les croquer; mais des corneilles étoient en vedette sur le dos de quelques-uns de ces pourceaux, à qui l'on auroit pu dire *sic vos non vobis;* car lorsque quelque mulot étoit

délogé, la corneille fondoit dessus et l'enlevoit. — « Si au lieu d'une *corneille* (me » dis-je) une *cicogne* étoit sur ce *bras !* Voilà encore une idée baroque, et pourtant elle me fut utile; car après en avoir ri, je vins à la considérer sérieusement, et j'imaginai en effet une sorte de *cicogne*, qui pourroit boire l'eau en *alongeant* son bec dans le goulot quand la *boule* seroit rompue.

628. Pour décrire ce petit mécanisme sans *figure*, j'emploierai l'exemple du levier, ou balancier d'un puits de village, au long bras duquel pend un *sceau*. La pièce qui ici est placée comme le *sceau*, n'est pas destinée à *puiser*, car on la verra devenir *cicogne*; mais elle est suspendue de la même manière : c'est une masse de laiton d'environ un pouce de longueur, demi-pouce de largeur, et un quart d'épaisseur, coupée longitudinalement tout à travers dans la largeur, par une fente d'environ deux lignes de large, qui laisse les deux extrémités de la pièce réunies en haut et en bas. Le bras à rompre les *boules* est plus large et plus épais qu'il ne l'étoit dans la première construction; il tient à la baguette par un canon goupillé, et son extrémité est percée d'un trou correspondant au sommet des *boules*, ce qui ne l'empêche

pas de les rompre. A peu de distance de la baguette s'élève solidement sur ce bras un pilier, au haut duquel se meut un *balancier*, dont le long bras vient se terminer au-dessus du trou de celui qui le porte, et le bras court arrive près de la baguette. Un peu au-dessous du point de mouvement du balancier, au même pilier et dans le même plan, est fixée une traverse de laiton, portant de petites poulies pour diriger des soies fixées au balancier. Les deux bras de celui-ci forment un angle obtus au point de mouvement, de manière que lorsqu'un de ces bras est couché sur la traverse, l'autre se trouve relevé. C'est de l'extrémité de son long bras que pend, par une soie, passant sur une des poulies, la *masse de laiton;* et une soie fixée au bras court et passant sur l'autre poulie, descend le long de la baguette de la boîte à cuir, et traverse la base de ce petit appareil; savoir : le bras qui rompt les balles.

629. Avant que de suivre ces soies, je dois décrire plus particulièrement la *masse de laiton* qui joue ici le principal rôle. Une pointe de laiton longue d'environ trois quarts de pouce, est fixée à la partie inférieure de cette masse, descendant verticalement : elle

elle est percée de petits trous, au moyen desquels j'ai pu y coudre une bandelette étroite de papier très-spongieux, qui s'élève dans l'ouverture longitudinale de la *masse*, où elle est retenue par le haut. Voilà le *bec de la cicogne;* dès qu'une boule est rompue, il plonge dans son *goulot* par le trou du bras. Pour empêcher que la masse ne tourne en montant et descendant, j'ai fixé au haut une lame verticale, qui passe librement dans une fente faite à l'extrémité d'un bras fixé pour cet effet à la baguette.

630. On peut comprendre que si, par quelque mécanisme, le petit bras du levier est abaissé par la soie lorsque, la *pointe* étant tombée dans une *boule* rompue, il faut l'en retirer pour faire passer l'équipage plus loin, elle en sortira; et que si, arrivée à une autre *boule*, elle se trouve libre, elle tombera de nouveau : or voici comment cela s'exécute. Un levier semblable à celui de dessus, est placé sous le bras, mais en sens contraire; le long bras du levier de dessous, correspond au bras court de celui de dessus, et là ils sont réunis par la soie qui traverse leur support commun; et le bras court du levier de dessous, arrondi et poli, repose sur la tranche polie d'un anneau fixé sur le

cercle inférieur de la petite *table* des *boules*. Tant que ce petit bras repose sur une partie continue de la tranche de l'anneau, il tient la *masse de laiton* soulevée de manière que sa pointe, déjà dans le trou du bras à rompre les *boules*, ne dépasse pas la surface inférieure de celui-ci. Alors la baguette peut tourner pour amener le bras sur une autre *boule ;* mais dès qu'il y est arrivé, le petit bras du levier de dessous tombe dans une fente de l'anneau, et la *masse de laiton* n'est plus soutenue que par sa *pointe*, qui repose sur le sommet de la nouvelle boule. La soie qui porte la *masse* est alors lâche; mais elle ne peut sortir de la poulie sur laquelle elle passe, parce qu'elle est retenue par un petit fil de laiton, qui laisse la poulie libre, sans permettre à la soie de sortir; celle-ci est fixée à la *masse*, au fond de son ouverture longitudinale, qui lui permet de monter et descendre, quoique la poulie se trouve sur la ligne qu'elle parcourt. On comprend donc que dans cette situation, dès que la *boule* est rompue, le poids de la *masse* fait vaincre à la *pointe* les obstacles que pourroient lui opposer les petits éclats de verre, et qu'ainsi elle arrive au fond du *goulot ;* alors toute l'*eau* monte dans la bandelette de papier,

et s'y *évapore*. Quand cette évaporation est finie, il s'agit de retirer la *pointe ;* mais ce n'est plus par un mouvement vertical de la baguette égal à celui que doit faire la *pointe*, le mouvement, en ce sens, n'est que d'environ demi ou trois quarts de ligne, pour la ramener à la hauteur où elle étoit avant que de rompre la balle ; et la faisant tourner alors pour amener le bras sur une autre *boule*, le petit bras du levier de dessous trouve au côté de la fente contre laquelle il s'appuie alors, une courbe le long de laquelle le mouvement de la baguette le force de s'élever ; il atteint ainsi le dessus de l'anneau, et la *pointe* se trouve par-là hors de la *boule* avant que le bras l'ait entièrement dépassée. C'est ainsi que le petit appareil chemine jusqu'à une autre *boule*, où la même opération se répète quand il en est temps.

631. Telle est enfin la description entière de l'appareil employé à ces expériences projetées depuis si long-temps, et auxquelles je ne parvins qu'après trois ans et demi de travail presque sans relâche. Cependant les expériences que j'avois commencées dans mes appareils défectueux ne m'avoient pas été inutiles, non seulement pour arriver à ce dernier, mais pour m'instruire sur les parties

caractéristiques des phénomènes, et pour les distinguer des *anomalies ;* de sorte qu'en même temps que mon appareil arriva au point que je viens d'expliquer, j'étois prêt à faire des expériences aussi exactes que la complication des causes agissantes pouvoient le permettre. Je fis donc enfin les deux suites d'expériences que je vais décrire, après avoir rappelé leur plan et leur but.

632. Mon plan originaire, dès l'année 1773, consistoit en deux parties, que j'avois cru pouvoir considérer comme distinctes. Je voulois d'abord faire évaporer, dans un espace connu, des quantités d'*eau* successives, égales entre elles et connues ; observant à chaque fois, par une même *température*, leur effet sur l'*hygromètre*. Je voulois aussi à chaque fois observer les effets des différences de *température* sur l'*hygromètre*, pour en déduire une *équation* relative aux effets de la *chaleur* seule sur cet instrument. J'eus dessein ensuite de faire marcher de concert les expériences sur l'*hygromètre* à *cheveu* et sur celui à *bandelette de baleine*, et ce fut ainsi que je commençai. Je ne pus tirer aucune lumière de mes premières tentatives sur les effets de la variation de la *chaleur ;* l'appareil étoit trop imparfait : mais quoique ceux qui suivirent eussent des

défauts qui s'opposoient à l'exactitude, je ne laissai pas d'y continuer des opérations d'après lesquelles je vis en général que les deux effets de l'augmentation de la *vapeur* et des changemens de la *température* s'entrelaçoient tellement que l'équation pour ces derniers deviendroit très-compliquée. J'observai aussi d'étranges contrastes dans les changemens des deux espèces *d'hygromètres* par les mêmes variations successives de la *chaleur*: j'en avois deux de chaque espèce, qui se suivoient assez bien dans leur espèce; mais quant à leur marche correspondante d'espèce à espèce, elle étoit différente à chaque *température*. Il auroit donc fallu traiter séparément les expériences sur chaque sorte d'*hygromètre*, pour en conclure sa formule particulière; mais celle du *cheveu* pour les variations de la *chaleur*, sur-tout passé le cinquième grain d'eau, me parut si compliquée, que prévoyant déjà assez de difficulté pour celle de la *baleine*, j'eus moins de regret d'être obligé de m'en tenir à celle-ci.

633. Je compris aussi, dans ces premières expériences, la nécessité de limiter les changemens de la *température*; soit pour conserver l'imperméabilité de l'appareil, soit pour produire plus de régularité dans les résultats,

en diminuant les anomalies occasionnées par les parois du vase, et sur-tout par une marche trop rapide de l'*hygromètre*. J'avois remarqué, et M. DE SAUSSURE l'avoit aussi observé sur le *cheveu*, que lorsqu'un *hygromètre* a été *bas ;* c'est-à-dire qu'il s'est fort avancé vers la *sécheresse*, il a une certaine *paresse* en remontant, qui le tient toujours un peu trop bas jusqu'à ce qu'il soit arrivé au point où il se fixe et qu'il y ait séjourné quelque temps ; et qu'il a l'irrégularité inverse, quand il redescend d'un point élevé. Je me déterminai donc à renfermer mes observations entre les températures 50° et 60° de *Fahrenheit*. Mes expériences furent par-là fixées à certaines saisons; parce que sachant la nécessité d'une température égale dans tout l'appareil, je ne voulois pas employer des moyens artificiels pour obtenir ces *températures*. Il falloit donc profiter d'une saison où je fusse sûr d'avoir une longue suite de jours entre lesquels j'eusse assez souvent la chance qu'en entrant le matin dans la chambre de l'appareil, le thermomètre y seroit un peu au-dessous de 50°, pour le voir ensuite passer à ce point, puis à 55 et à 60, par la simple augmentation de la chaleur du jour, et le feu d'une cheminée éloignée,

dont l'appareil étoit garanti par un écran; et que par la diminution de la chaleur du jour et du feu de la cheminée, je pusse le voir retourner à 55; enfin que je pusse, sinon le même soir, du moins le lendemain matin, l'observer de nouveau à 50. Cela ne m'étoit nécessaire que pour la conclusion de l'observation sur chaque *grain d'eau;* mais j'en avois sept à faire à de grands intervalles.

634. Soit donc pour ce choix des jours convenables quant à la *température*, soit par la nécessité qu'ils fussent aussi convenables à mes autres occupations, et sur-tout par l'intervalle que je voulois mettre entre chaque *grain d'eau*, pour connoître si l'appareil demeuroit *imperméable* à l'air, et si le temps apportoit quelque changement à l'effet de l'*eau évaporée* sur l'*hygromètre*, ces expériences durèrent fort long-temps. La première suite commença en juillet 1795, et ne fut terminée qu'en janvier 1796; l'autre commença en septembre 1796, et ne finit qu'en février 1797. Durant ces périodes, chacune d'environ six mois, l'appareil conserva absolument son *imperméabilité*, et chacun des effets successifs fut *immuable*. Je crois donc que ce sont les expériences les plus complettes qu'il fût possible de requérir pour

prouver ce que j'ai dit de la nature de la *vapeur aqueuse*, de ses rapports avec l'*humidité* et de ses *maxima* suivant les *températures*; de sorte que leurs résultats ne pourront laisser aucune place à des hypothèses arbitraires sur les modifications de l'*eau évaporée* dans l'*air*.

635. Chacune de mes *boules* de verre, ai-je dit, contenoit une quantité d'*eau* équivalente à 1 *grain* du poids anglois dans 1 *pied cube* anglois. Dans ma première suite d'expériences, les opérations furent terminées au sixième *grain*; parce que déjà je ne pus voir toute l'*eau* en *vapeur* qu'à la température 60°; car avant qu'elle eût baissé à 55° en diminuant, et jusqu'à ce qu'elle eût sensiblement dépassé ce point en haussant, il y avoit de la rosée sur quelque partie du vase; c'étoit ordinairement du côté de la fenêtre d'où venoit le jour sur l'appareil; d'autres fois, suivant le vent, du côté d'une porte vitrée qui donnoit sur un jardin. Un intervalle de vingt-six jours ne changea rien à cet état, quelque soin que je prisse pour que la *température* changeât lentement dans ma chambre; jamais, dis-je, toute la *rosée* n'avoit disparu de dessus le vase, quoique la *chaleur* en augmentant fût arrivée à 55°; et

toujours elle y reparoissoit avant que la température se fût abaissée à ce point.

636. Il y avoit cependant un peu de marge à six *grains* pour la température 60° ; la *rosée* ne commençant à paroître qu'à 57 ou 56 ; et comme j'avois place pour sept *boules* dans l'appareil, je voulus tâcher, dans la seconde suite d'expériences, en prenant de grandes précautions pour l'égalité de la *température*, de savoir exactement à quel degré de chaleur ce septième *grain* seroit tout évaporé, et d'obtenir aussi l'évaporation totale du sixième à 55°. J'employai à cet effet un étui de carton doublé de flanelle à un pouce d'épaisseur, faisant comme un manchon qui couvroit tout l'appareil. Je suspendis cet étui par une poulie au plafond de ma chambre (à la manière d'une cage d'oiseau) et dès que la sixième balle fut rompue, j'enfermai l'appareil dans cet étui, que je ne soulevois que pour observer. Pour plus grande précaution, comme les causes d'augmentation ou de diminution de la chaleur viennent toujours de quelque côté particulier, quand le point de *température* où je voulois faire une observation approchoit, je tournois l'étui de moment en moment. Avec ces précautions, je vis tout le sixième *grain* évaporé par la température 55°,

et le septième à 63°. Au-dessous de ces deux points, malgré l'entremise de l'étui, il commençoit à paroître de la *rosée* sur quelque partie du vase ; et alors, quoique par la diminution de la *chaleur*, l'*hygromètre* eût dû indiquer plus d'*humidité*, il en indiquoit moins ; le *verre* enlevoit de l'*eau* à l'espace : si ensuite la *chaleur* augmentoit assez pour faire évaporer cette *rosée*, au premier moment l'*hygromètre* indiquoit plus d'*humidité*, quoique par l'augmentation de la *chaleur* c'eût dû être le contraire ; mais l'augmentation de la *chaleur* commençant aux parois du vase, l'*eau* qui s'en évaporoit augmentoit la *vapeur* dans l'espace avant que la *température* y eût haussé. C'est la raison que j'ai déjà donnée au §. 376, de ce que je terminois à 85° de la bandelette de baleine, les expériences dont il est question en cet endroit ; sur-tout parce que je n'y prenois pas autant de précautions pour une égale température de l'appareil. Quand tout le septième *grain* fut évaporé par la température 63°, l'*hygromètre* étoit à 88, 8 ; et voulant me procurer une détermination du point où il auroit été par la tempér. 60°, sans cette *eau* dérobée par le vase, je fis hausser la *température* de 3° de plus dans l'appareil,

pour avoir, à ce point d'*humidité*, l'effet de la *chaleur* sur l'*hygromètre* : il rétrograda de 6, 3 degrés, quantité qu'ajoutant à 88,8, j'eus 95, 1, pour l'effet de 7 *grains* d'eau à la temp. 60°; ce que j'ai placé comme observation, pour la conclusion de cette suite d'expériences.

637. La TABLE I donne le tableau des deux *suites*, placées l'une auprès de l'autre, pour la facilité de la comparaison pas à pas ; ce qui montrera en quoi consistent leurs irrégularités. On verra dans chaque suite, l'anomalie qui a toujours lieu dans les marches ascendantes ou descendantes de l'*hygromètre*, anomalie qui augmente à mesure que la marche de l'instrument devient plus grande par les mêmes changemens de la *chaleur*, à cause d'une plus grande *humidité*. Dès le second *grain*, on voit, dans chaque suite deux observations aux températures 50 et 55. Quand le therm. passe à ce dernier point en montant, l'*hygromètre*, qui va alors à la *sécheresse*, se tient plus haut que lorsque allant à l'*humidité* par la diminution de la *chaleur*, le therm. arrive au même point. Il n'y a qu'une observation à la température 60°, parce que d'ordinaire j'attendois ce point avant que de quitter ma chambre, et que lorsque

lorsque j'y revenois, la température ayant baissé, je n'avois plus qu'à attendre le retour du therm. à 55 et à 50. C'est le milieu entre ces deux observations à chacun des deux points, qui est porté sur les mêmes lignes dans les colonnes suivantes, à leurs *températures* respectives indiquées au haut des colonnes.

638. L'autre espèce d'*anomalies* de l'*hygromètre* procède, comme je l'ai dit ci-devant, des dérangemens qui arrivent dans les molécules de sa substance, à cause de la tension, suivant les points où il séjourne plus ou moins; *anomalies* qui ne se réparent que dans des changemens contraires. On voit celles-ci, en comparant dans les deux suites les effets successifs des *grains*, par les trois *températures*. Il n'y a donc pas toute la régularité desirable dans ces expériences; mais on y distingue très-bien la marche générale des phénomènes, et l'on verra qu'elle peut être soumise à des règles suffisamment exactes pour tous les cas jusqu'ici de quelque importance en physique. Ce qu'il y avoit de plus essentiel à déterminer, vu la grande question qui s'est élevée en MÉTÉOROLOGIE, concernoit les quantités d'*eau évaporée* que peut contenir l'*air* par

diverses *températures*. Les expériences de M. DE SAUSSURE avoient donné ces quantités très-petites; on avoit refusé d'admettre ses résultats, et les voilà maintenant confirmés de la manière la plus à l'abri de toute objection. D'où il résulte aussi, que des écarts bien plus grands qu'on n'en peut craindre dans ces expériences, ne sont d'aucune conséquence pour les grands objets de la physique, et à peine même pour ceux de la chymie particulière ; quoique M. LAVOISIER, qui n'avoit fait aucune expérience sur cet objet, et n'avoit donné aucune attention à celles de M. DE SAUSSURE, ait dit à la page 50 de son *Traité élémentaire de Chymie:* « Cette » *eau* que contiennent les fluides aériformes » donne lieu, dans quelques expériences, à » des phénomènes particuliers, qui méritent » beaucoup d'attention, et qui ont souvent jeté les chymistes *dans de grandes* » *erreurs* » ; mais cela n'est possible en aucune manière.

639. Nous avons deux *maxima* déterminés par M. DE SAUSSURE, que j'ai déjà indiqués au §. 128 : l'un est 5, 7 *grains* poids de France dans 1 *pied cube* de France, par la *tempér.* + 6, 18 de son thermomètre ; l'autre est 10 *grains*, par la *tempér.* + 15. J'ai aussi

deux *maxima ;* l'un de 6 *grains* poids anglois, dans 1 *pied cube* anglois, par la *temp.* 55° de *Fahrenheit*, et l'autre de 7 *grains* par la *temp.* 63°. Il est intéressant de comparer ces résultats ; et pour cet effet, je vais d'abord réduire les miens aux mêmes termes de ceux de M. DE SAUSSURE, pour la *température*, le *poids* et la *mesure* de l'espace.

640. Au premier égard, le *therm.* de M. DE SAUSSURE avoit mon *échelle*, dont le point 80 est fixé dans l'*eau bouillante*, le bar. étant à 27 pouces de France ; et mon *thermomètre* avoit l'échelle *angloise* de *Fahrenheit*, où le point 212° est fixé dans l'*eau bouillante*, le baromètre étant à 29,8 pouces anglois. Le rapport de ces deux échelles est fixé dans les *Trans. Phil.* de 1777 : l'intervalle 180 de cette échelle de *Fahr.* correspond à 80,75 degrés de la mienne ; ou mes 80 degrés n'en font que 178 de l'autre échelle. D'après ce rapport, mon point 55° de *Fahr.* correspond à + 10,3 de l'échelle de M. DE SAUSSURE, et le point 63° à + 13,9.

241. Quant aux *poids*, lorsque je construisis mon *électromètre*, dont la comparabilité dépendoit en partie du poids de la balle mobile, je fis venir de Paris un *marc* très-exact, que je remis à feu M. WHITHURST,

inspecteur des *poids* à Londres, pour le comparer au poids anglois DE TROY, et en conclure le rapport des *grains* respectifs; ce qu'il eut la complaisance d'exécuter, et de me fournir une suite de *poids* très-exacts, par *grains* et fractions de *grain*, ainsi que la détermination de leur rapport avec les *grains* de France qu'il avoit trouvée comme 1 à 1,22 : c'est ce *poids* que j'ai employé. Enfin, à l'égard des *mesures*, il a été déterminé depuis long-temps, par des comparaisons exactes, que le *pied* anglois est au *pied* de France dans le rapport de 10000 des premiers pour 9383 des derniers.

642. D'après le premier de ces rapports, nous avons cette détermination, qu'un *grain* anglois dans 1 *pied cube* anglois est comme 1,22 *grain* de France dans le même espace : et puisque 1 *pied cube* anglois n'est que les $\frac{9383}{10000}$ d'un *pied cube* de France, il faut augmenter dans le rapport de 9383 à 10000, la quantité 1,22 *grain* de France, pour avoir la quantité d'*eau* correspondante dans 1 *pied cube* de France; ce qui donne 1,3 grain. Il suffit donc d'augmenter dans le rapport d'un à 1,3, les quantités 6 *grains* et 7 *grains* de mes expériences pour les réduire à la *mesure* et au *poids* de M. DE SAUSSURE; et d'après la détermination

ci-dessus quant aux *températures*, la réduction totale de mes résultats aux termes des siens les fournit ainsi :

Th. + 10,3; *maximum d'évap.* 7,8 } *grains* de Fr. dans
+ 13,9; . . . . 9,1 } 1 pied c. de Fr.

Les résultats de M. DE SAUSSURE sont les suivans :

Th. + 6,2; *maximum d'évap.* 5,7 } *grains* de Fr. dans
+ 15,0; . . . . 10,0 } 1 pied c. de Fr.

Si l'on cherche la différence produite dans la quantité d'*eau* pour 1° de différence dans la *température* telle qu'elle résulte de ces dernières expériences, on la trouvera de 0,5 *grains ;* et comme mes *températures* sont intermédiaires à celles-là, je puis, par ce rapport, ramener mes résultats aux *températures* de ceux de M. DE SAUSSURE, sans crainte d'erreur sensible. Nous aurons donc enfin pour mes résultats :

Th. + 6,2 ; *maximum d'évap.* . . . 5,7
+ 15,0 ; 9,6

643. Si l'on considère maintenant la différence des procédés et des précautions mêmes dans ces deux classes d'expériences, leur accord indiquera sûrement les effets de causes très-simples, très-bien déterminés, et qui ne sont sujets à aucune variation ; puisqu'une durée de six *mois* pour les mêmes expériences qui n'avoient duré guère plus de six *heures*

dans l'opération de M. DE SAUSSURE, n'ont produit aucun changement sensible dans les résultats ; ce qui est à son égard une grande preuve d'habileté. Les expériences propres à manifester les grands traits de la marche de ces *effets*, sont d'une exécution facile, quand on ne veut pas y ajouter leur *durée ;* l'exactitude seule y a mis des difficultés pour M. DE SAUSSURE ; mais tout physicien accoutumé aux expériences, en examinant la description des siennes, auroit pu juger qu'il ne pouvoit y avoir aucune erreur sensible. Je ferai voir dans la suite un autre accord de nos résultats qui montrera, par les difficultés que lui présenta cette partie de ses expériences, qu'il savoit s'assurer de ne pas faire des écarts, même dans de simples *essais*. Mais je dois, pour cette partie, être arrivé aux règles que j'ai déduites de mes expériences.

644. Il sera question, dans la Partie suivante, de la déduction *physico-mathématique*, des *marches* générales des *effets* dans les expériences dont j'ai donné le tableau. J'avois déjà fait plusieurs recherches de ce genre, et les considérations générales qu'elles m'avoient fournies m'avoient conduit à remarquer, dans des travaux de ce genre, qu'on accordoit trop à ce qu'on nomme des *loix*

régulières, d'après l'opinion que la nature doit *agir* par de telles *loix*, ou d'après l'idée vague de *simplicité* dans ses opérations. Quand on se laisse entraîner par cette idée, on est porté à rejeter dans les *anomalies* ce qui peut appartenir à la marche même des phénomènes, qui n'ont pas la *simplicité* qu'on imagine ; de sorte que n'en déterminant pas bien la *nature*, on ne sauroit découvrir leurs vraies *causes*. C'est de là qu'est née une illusion répandue parmi bien des physiciens, d'après laquelle ils se contentent des idées vagues de *loix* et de *forces*, souvent même sans songer à la *matière*, dont les *phénomènes* sensibles sont néanmoins les modifications.

645. Cette remarque m'avoit engagé depuis long-temps à suivre une autre route ; cellequi, en considérant la marche des *effets* avec leurs *inflexions*, peut seule indiquer la nature des *causes*. On a vu les causes d'*anomalies* auxquelles sont sujettes les expériences dont je vais m'occuper, et l'on peut aisément comprendre que si l'on vouloit en réduire la marche à des *loix régulières*, il s'en trouveroit plusieurs différentes, qui, dans l'enceinte des *données*, concilieroient presque

également celles-ci, mais qui, au-delà, pourroient diverger beaucoup; et comme cependant ce n'est que par les *loix* des *effets*, qu'on peut connoître la *nature* des *causes*, on n'a point de vrai guide pour y arriver. Il faut donc renoncer à l'élégance des déductions physico-mathématiques, et tâcher de marcher au flambeau des *causes physiques*, en travaillant à les découvrir dans l'ensemble des *phénomènes*, sans forcer, pour ainsi dire, ceux-ci à se ranger sous des *loix* déterminées, qui, dès qu'elles ne sont pas exactement d'accord avec les phénomènes, ne peuvent être qu'arbitraires tant qu'on ne les voit pas liées à quelque *cause*.

646. Sans doute qu'en suivant la route que je me suis proposée, plus propre qu'aucune autre à concilier un certain nombre d'expériences sujettes à des *anomalies*, on n'est pas sûr que les règles qu'on en déduira s'appliqueront avec autant d'exactitude à un autre ensemble d'expériences; aussi n'ai-je pas cette prétention pour le travail que j'ai fait: Mais si l'on n'y a rien introduit d'arbitraire, si l'on a toujours senti qu'on marchoit sur des traces indiquées par les *causes* elles-mêmes, on est sûr de représenter la nature de leurs *effets*,

et c'est ce qui est le plus essentiel à la physique : car quand on a pris toutes les précautions nécessaires pour écarter les causes d'*anomalies* ou diminuer leurs effets, il est rare que l'indétermination qui en résulte dans les *règles* soit de conséquence dans la pratique, et l'on verra qu'elle n'est ici d'aucune importance.

SEPTIÈME PARTIE.

*Recherches physico-mathématiques sur les Expériences précédentes, pour servir à l'*ATMOMÉTRIE.

647. Nous allons changer d'objet. Les degrés d'*humidité* ne seront plus considérés ici en eux-mêmes, mais seulement comme une des *données* pour estimer la quantité de *vapeur aqueuse* contenue dans l'air. Car après la définition précise que j'ai donnée de l'*humidité*, elle est la même pour un même degré de l'*hygromètre*, quelle que soit la *température ;* au lieu que les mêmes points de l'*hygromètre* indiquent différentes quantités de *vapeur*, suivant la *température*. Il ne s'agira donc plus d'HYGROMÉTRIE, puisque celle-ci ne doit être entendue que de la *mesure* de l'*humidité ;* les recherches se rapporteront à l'ATMOMÉTRIE, c'est-à-dire à la *mesure* de la quantité de *vapeur aqueuse* contenue dans le *milieu*, soit l'*air*, soit le *vide* d'*air*.

648. Ayant ici pour guides deux suites d'expériences semblables dans toutes leurs

circonstances, je les ai d'abord jointes terme à terme correspondans, pour en prendre les termes moyens. Dans cette réunion, j'ai employé les différences des hauteurs de l'*hygromètre*, c'est-à-dire ses *mouvemens* de *grain* en *grain* d'*eau*, et leurs *sommes* successives, sans considérer les points dont chaque instrument est partie, comme on le voit dans la TABLE II. Les observations ayant été faites par les *températures* 50, 55 et 60 de *Fahr.*, chacune de ces *températures* a sa colonne dans la TABLE où se trouvent les détails qui la concernent, commençant par l'indication des *pas* de l'*hygromètre* pour chaque *grain* d'eau, dans l'une et l'autre suite d'expériences. C'est là qu'on voit les *anomalies* auxquelles ces expériences sont sujettes; on en observe une au quatrième *grain*, que je croirois provenir de ce qu'il manquoit un peu d'*eau* dans la boule de la seconde expérience; parce que dans les trois températures, l'*hygromètre* y a fait des pas plus petits que dans la première; ce qui peut avoir été produit par un petit jaillissement de l'eau hors de la pointe quand elle fut scellée. La même chose peut être arrivée à la première *boule* dans la première suite; l'*hygromètre* y ayant aussi moins avancé que dans la dernière suite,

par les trois températures. Je ne déciderois point cependant que les différences soient dûes à cette cause, car je sais que l'*hygromètre* peut avoir de tels caprices, quand il a demeuré assez de temps à certains points pour y subir les vicissitudes de la chaleur; les molécules de la substance, comme je l'ai déjà dit plusieurs fois, prennent alors, sous la *tension*, certains arrangemens particuliers que la *friction* entre elles empêche de se détruire entièrement, jusqu'à ce que d'autres combinaisons surviennent. Quoi qu'il en soit, nous allons oublier ces irrégularités quant à présent, pour ne nous occuper que des *termes moyens* fournis, pour chacune des trois *températures*, par sa col. 1, et en chercher la *marche*.

649. Dans les quatre divisions de la Table, on voit répetés les n°s. 1 et 2, pour indiquer les parties correspondantes et analogues des expériences dans les trois *températures*. Sous le n°. 1, dans la première division, sont placés les *grains* d'eau successifs suivant leur ordre; et sous le n°. semblable dans les autres divisions, on voit l'effet produit sur l'*hygromètre* à chaque *température*, par chacun de ces *grains*, jusqu'au cinquième inclusivement. Le n°. 2 de la première division, contient les *sommes* successives des *grains*; et sous le

même n°. dans les autres colonnes, sont les *sommes* successives de leurs effets sur l'*hygromètre*, soit les points auxquels il a été observé à chaque *température*. Ne considérant, comme je l'ai dit, que les *mouvemens* de l'hygromètre pour chaque *grain* d'*eau*, le premier point observé qui, dans la première suite est 0,7, et dans la dernière 0,1, se trouve ainsi exclus, et l'hygromètre est censé partir de 0; ce sont là des *anomalies* accidentelles de l'instrument. Quant au sixième *grain*, il n'y a eu d'observations qu'aux températures 55 et 60, et pour le septième seulement à 60, par les raisons que j'ai expliquées. Telles sont donc maintenant les *données* dont nous avons à chercher la *marche*.

650. Deux *effets* généraux se présentent ici comme objets d'attention, tous deux opérés sur l'*hygromètre;* l'un est sa *marche* à mesure que la quantité d'*eau évaporée* augmente dans une même *température;* l'autre consiste dans les changemens produits sur l'instrument, par les variations de la *chaleur*, avec les mêmes quantités d'*eau* évaporée dans l'espace. Le premier de ces effets correspond, dans ses changemens, à la *progression arithmétique* des augmentations de la quantité d'*eau;* et le dernier, à celle des augmentations

de la *chaleur.* Après quelques tentatives, j'abandonnai le projet de ranger ces effets sous des *loix régulières*, et l'on en verra les raisons à mesure que j'avancerai dans l'examen de ces *données*.

651. En considérant la TABLE dans ses colonnes n°. 1, on voit une même marche générale régner dans les trois *températures*; savoir: que la quantité de mouvement de l'*hygromètre* pour 1 *grain* d'eau, est la plus grande vers le milieu des colonnes. Cet effet est sans doute mêlé d'*anomalies*, mais en lui-même il appartient à la marche de l'instrument; on le voit dans les deux suites d'expériences, et je l'avois déjà remarqué dans toutes celles que j'avois tentées auparavant, malgré leurs irrégularités, provenant des appareils; mais les proportions ne sont pas les mêmes dans les différentes *températures*, et ce fut mon premier motif de ne pas chercher à déduire de cette marche des *loix régulières*, avant que de l'avoir analysée physiquement, en la considérant dans ses détails. Le plan que je formai pour cela fut de ne considérer d'abord d'autre série que celle qui correspondoit à la *température* moyenne 55°, prenant cette température comme *terme fixe*, et de chercher ensuite quelque moyen d'y

ramener les observations faites aux autres *températures*.

652. Ce phénomène d'accroissement, puis de décroissement des pas de l'*hygromètre* dans sa marche, par des augmentations égales de la quantité d'*eau*, étant certain dans son expression générale, il faut d'abord considérer la *cause physique* dont il procède, afin qu'elle nous serve de guide. Cette cause est dans la *substance* de l'*hygromètre*, et je l'ai définie en exposant, dans la Partie qui traite de l'hygrométrie, les *marches* des *fils* et des *bandelettes* des mêmes substances *fibreuses*. J'ai, dis-je, expliqué alors que l'augmentation de l'*humidité* produisoit sur les *fils* deux effets opposés quant à l'*alongement* de ceux-ci : l'un qui le produit; savoir : l'alongement des *fibres ;* l'autre qui le diminue de plus en plus ; savoir : l'élargissement de leurs *mailles ;* et que la *marche* des *bandelettes* devoit être plus proportionnelle aux quantités d'*eau* qui pénétroit la substance, parce qu'elle n'étoit produite que par ce dernier effet : mais j'ai fait aussi remarquer que l'alongement des *fibres* n'étoit pas entièrement indifférent à cette marche ; parce que leur souplesse s'accroissant, l'*eau* avoit plus de facilité à élargir leurs *mailles*. Telle est la

cause du plus grand effet successif des grains d'*eau*, jusque vers le milieu de la *marche*, et si une cause ne venoit s'y opposer, cet effet iroit en croissant jusqu'à diviser enfin les fibres et les molécules même de la substance : cette cause est, qu'à mesure que l'*eau* a déjà plus garni leurs interstices, elle tend moins fortement à s'y glisser, et c'est de là que résulte le *maximum* d'*expansion*. Or nous voyons l'effet de cette cause dans le reste de la *marche* de l'*hygromètre*, en ce qu'à certains points, différens suivant les *températures*, les *grains* d'*eau* évaporés dans le vase, ont produit dans la *baleine* des expansions *décroissantes*. Telles sont les *causes physiques* de cette *marche*, d'abord *croissante*, puis *décroissante* de l'*hygromètre*, par d'égales augmentations dans la quantité de la *vapeur*; mais quant à une détermination *géométrique* de cette *marche*, ces causes sont trop mêlées d'autres causes accidentelles, pour espérer d'en découvrir la *loi* réelle, ni par conséquent celle des effets de la *chaleur*, qui se combinent avec ceux-là. Il falloit donc faire des tentatives de détermination *empirique* dans chaque partie, puis les réunir pour les comparer aux *données*, et les déterminer plus particulièrement d'après celles-ci. Ce fut

fut du moins le plan que je crus devoir suivre d'après cette considération.

653. Ma première tentative de détermination de ce genre, fut celle de la quantité moyenne d'*eau évaporée* par la *température* 55°, correspondante à 1 *degré* de l'*hygromètre* dans chacun des espaces successifs qu'il avoit parcourus par la suite des *grains d'eau*. Pour y parvenir, je formai d'abord la TABLE III, dont la *col.* I contient la suite des augmentations de l'*eau évaporée* de grain en grain; la *col.* II, les points correspondans de l'*hygromètre*; la *col.* III, les différences de ces points, soit les quantités d'effet de chaque *grain d'eau* dans chaque période; et la *col.* IV, les *quotiens* de la quantité 1 *grain* par le nombre de *degrés* de l'*hygromètre* qui y correspondent, soit la quantité moyenne d'*eau évaporée* qui avoit fait mouvoir l'*hygromètre* de 1 *degré*. En faisant cette première déduction, je ne crus pas devoir regarder comme des *anomalies*, ce qu'on voit dans la *col.* IV, que le premier des nombres est plus petit que le second, quoique le troisième soit plus petit encore, ni qu'après que les nombres ont été en croissant, du 3e. au 5e., le 6e. soit plus petit que ce dernier; parce que malgré l'imperfection de mes

premières expériences, il m'avoit paru que c'étoit-là la marche des *expansions*, et que quant aux causes, leur complication empêche qu'on ne puisse décider *à priori*, quelle devroit être la *marche* à ces points de l'*hygromètre*; de sorte qu'en fixant une *marche* plus régulière, on pourroit écarter ce qui pourtant appartiendroit à la nature de ces causes. J'ai donc regardé ces *nombres*, tels qu'ils sont, comme les *données* de l'expérience sur ce point, jusqu'à ce que les *données* collatérales vinssent y apporter quelques modifications.

654. Puisque chacun de ces *nombres* indique la quantité moyenne d'*eau évaporée* qui fait mouvoir l'*hygromètre* de 1 *degré* dans les espaces respectifs, et que ces quantités sont différentes, il doit y avoir un certain point dans chaque intervalle, où l'*hygromètre* se meut de 1° pour cette *quantité moyenne*; point duquel les quantités doivent diminuer de degré en degré, pour arriver à l'intervalle où la quantité moyenne est plus petite, et aller au contraire en croissant, pour arriver à une quantité moyenne plus grande. Or dès qu'il ne s'agissoit pas de chercher une *loi géométrique*, il ne restoit d'autre moyen que celui de fixer le lieu de chacun de ces points de *quantité moyenne*, le plus confor-

mément à ce qu'indiqueroient tant sa *distance* que sa *différence* avec ses points voisins, et de les réunir ensuite par une *série nuancée*, composée de *termes* qui correspondissent à la suite des *degrés* de l'*hygromètre*. Je formai donc une première *série* suivant ce plan, telle que la Table IV; sous cette forme, veux-je dire, car les *inflexions* arbitraires que j'y produisis d'abord, ont été déterminées par d'autres *données*. La *col.* I est la suite des *degrés* de l'*hygromètre* ; et dans la *col.* II se trouvent les quantités correspondantes d'*eau évaporée*, qui sont les sommes successives des nombres de la *col.* III, où se trouve la *série* formée de la manière que je viens d'indiquer. Les *données* immédiates n'avoient pu me conduire que jusqu'au 6e. *grain d'eau* pour cette *température* 55°, parce que le 7e. *grain* n'avoit été tout *évaporé* qu'à la température 63°. Cependant, lorsque je vins à déterminer la forme sous laquelle devroient se faire les calculs des observations, je fus obligé d'employer cette expérience, par une réduction, à prolonger la *série* pour completter la marche de l'*hygromètre* jusqu'au point 100. On verra dans la suite comment la première esquisse de cette *série* a été amenée à celle qui forme la Table IV, destinée, comme

je l'ai dit, à indiquer les quantités d'*eau évaporée* correspondantes aux *degrés* successifs de l'*hygromètre* par la *température* 55° de *Fahrenheit*. On comprend que les petits changemens alternatifs dans quelques parties de la *série*, proviennent de ce que je ne l'ai déterminée que pour deux *décimales*.

655. L'objet qui m'a le plus embarrassé dans ce travail, et qui m'a pris beaucoup de temps, est la recherche d'une méthode pour ramener à cette *température fixe*, les observations faites par d'autres *températures*. M'étant formé un tableau des *données* sur cet objet, je renonçai bientôt, en le considérant, à y chercher quelque *loi régulière ;* de sorte qu'il fallut me résoudre à employer de nouveau la méthode empirique, où je trouvai aussi de grandes difficultés. Le tableau dont je parle est la TABLE V, renfermant toutes mes observations, et dans laquelle les *époques* sont fixées par la suite des *grains d'eau*, jusqu'au 6e., sous une forme propre à analyser les effets de la *chaleur*. Au milieu de la TABLE, où se trouve la *col.* IV, sont placés les points observés sur l'*hygromètre* par la suite des *grains d'eau* à la température 55. C'est à ces observations que doivent être comparées celles qui ont été faites, avec les mêmes

quantités d'*eau*, aux *temp.* 50 et 60, placées pour cet effet, les premières dans la *col.* III, et les dernières dans la *col.* V. La *col.* II indique de combien l'*hygromètre* a *haussé* à chaque *époque* par la *diminution* de la *chaleur* de 55 à 50, soit de 5°; et la *col.* VI, de combien il a *baissé* par l'*augmentation* de la *chaleur* de 55 à 60, qui est aussi 5°. Je m'arrête pour le présent à ces deux *colonnes*.

656. On voit d'abord ici la confirmation des théories *hygrologiques* et *hygrométriques* que j'ai établies dans les parties qui les concernent respectivement. Le *feu libre* produit sans cesse l'*évaporation* de toute *eau* qui a une surface libre; mais il en fait évaporer d'autant moins dans les mêmes temps, que, suivant sa position, elle lui résiste davantage. Or moins il y a d'*eau* dans la substance de l'*hygromètre*, plus les particules de sa surface, à l'orifice des pores, résistent à l'action du *feu;* parce qu'elles sont moins *distantes* des parois vers lesquelles elles tendent : et dans tous les cas, les pertes qu'elle éprouve sont proportionnellement réparées par la *vapeur;* ce qui produit l'*équilibre* (§. 282 et *suivant*). C'est la quantité *absolue* de l'*eau* dans la

substance, qui détermine son degré d'*expansion*, degré qu'on peut nommer la *hauteur* de l'*hygromètre*. Ainsi plus il est *haut*, plus une même augmentation de la *chaleur* doit le faire *baisser*, parce que le *feu libre* lui enlève plus d'*eau* dans le même temps : c'est ce qu'on voit dans la *col.* VI par l'*augmentation* des quantités dont l'*hygromètre* a baissé, toujours par 5° d'augmentation de la *chaleur*, à partir de 55°, à mesure qu'il étoit plus *haut* à ce point. Mais d'après la théorie, ces quantités doivent être les *sommes* de 5 termes d'une *série décroissante ;* car dès que, par le premier *degré* d'augmentation de la *chaleur*, la substance a perdu une première quantité d'*eau*, il y en a *moins* pour le second, et ainsi de suite : et nous avons la preuve de cette conséquence dans la *col.* II, où toutes les quantités d'*ascension* de l'*hygromètre* pour 5° d'*abaissement* du *thermomètre* au-dessous de 55°, sont plus grandes que les quantités correspondantes dans la *col.* VI, soit les quantités de *descente* de l'*hygromètre* pour 5°. d'*ascension* du *thermomètre* au-dessus de 55° ; les premières sont plus grandes, parce qu'à mesure que la *chaleur* diminue, à partir de ce point,

l'*hygromètre* peut conserver une plus grande partie de l'*eau* que lui communique la même quantité de *vapeur*, à mesure qu'il y a moins de *feu libre* pour lui en enlever ; et inversement quand la *chaleur* augmente à partir du même point.

657. Ainsi, à chaque augmentation de la *vapeur*, de *grain* en *grain* d'*eau*, les deux quantités correspondantes dans les *col.* II et VI, sont des portions contiguës, chacune de 5 *termes*, d'une certaine *série*, qui, à cette *époque*, exprime les changemens qu'éprouve l'*hygromètre* par la suite ascendante ou descendante des *degrés* du *thermomètre* : les hauteurs du premier étant données à 50, 55 et 60 du dernier, et leurs *différences* étant des *portions* contiguës de la *série*, chacune de 5 *termes*, aux *époques* respectives. C'est cette considération qui doit nous conduire à quelque règle générale ; mais les *portions* correspondantes de *séries*, ne conservent point entre elles un même rapport à chaque *époque* ; et la difficulté augmente, quand on jette les yeux sur les *col.* I et VII de la TABLE, renfermant respectivement les *différences* des *col.* II et VI ; car les *termes* des deux premières qui sont les *différences* d'effet de la chaleur sur l'*hygromètre* à mesure que

la quantité de *vapeur* augmente, vont d'abord en croissant, puis en décroissant dans chacune, mais dans des proportions différentes. Nous retrouvons ici le caractère des *causes physiques* que j'ai expliquées au §. 652, car cette marche en est la conséquence; mais j'ai montré en même temps, qu'on ne sauroit s'assurer d'avoir une détermination précise de leurs effets, et moins encore quand ils sont compliqués avec ceux de la *chaleur;* ce qui empêche aussi de ranger ces derniers sous une *loi régulière.* Il n'y avoit donc encore qu'un travail empirique qui pût conserver les *contours* immédiats des *données*, en les prolongeant dans quelque *série* artificielle; et voici la méthode que je suivis pour y arriver.

658. La nouvelle *série* que j'avois à former devoit représenter les effets du *premier* changement de 1 degré du *thermomètre* sur l'*hygromètre* à ses divers *points*; car chacun de ces *points*, ou degré d'*expansion*, est produit par une certaine *quantité d'eau*, et l'effet de 1 *degré* de changement dans la *chaleur*, est proportionnel à cette *quantité;* mais dès que ce premier effet est produit, la *quantité* n'est plus la même, de sorte que l'effet du 2e. *degré* devient ou plus grand, ou

moindre, suivant que la *chaleur* augmente ou diminue. D'après cette considération, les mêmes changemens doivent avoir lieu pour chaque petite partie de degré, ce qui sembleroit conduire à quelque *courbe;* mais n'en ayant point les *élémens* précis, nous pouvons considérer ces petites nuances comme insensibles, et ne chercher la marche que de *degré* en *degré*, suivant les *données* de la Table V. La méthode qui me parut la plus conforme à ce but, fut de former un tableau où se trouvassent indiqués les *effets moyens* de 1 degré du *thermomètre*, conclus d'après ceux de 5 degrés, dans chaque espace de l'échelle de l'*hygromètre* où j'avois observé l'effet de ce changement; en indiquant, à leurs places, les *intervalles* déterminés où cette variation n'avoit pas été observée; puis de chercher à réduire les quantités observées à certaines portions de *série*, qui, prolongées dans les *intervalles* non observés, fourniroient ainsi le moyen d'embrasser dans une seule *série* toute l'échelle de l'*hygromètre.*

659. Le tableau formé dans ce plan, est celui que présente la Table VI; sa *col.* I renferme 15 points observés sur l'*hygromètre*, tirés des *col.* III, IV et V de la Table V,

dont plusieurs, qui se succèdent, indiquent, comme on peut le voir dans la *col.* II de cette TABLE, des changemens opérés sur l'instrument par une variation de 5° dans la *chaleur :* les autres points observés sont les effets d'accroissement de la quantité de la *vapeur;* mais ici nous ne les considérerons que comme marquant des *intervalles* de l'*échelle* de l'hygromètre, où l'effet de la *chaleur* n'a pas été observé; distinction qui est exprimée par les colonnes suivantes. La *col.* II, ai-je dit, présente, vis-à-vis des *intervalles* de quelques points, la variation de la *chaleur* qui a produit sur l'*hygromètre* ces changemens, dont les quantités sont placées dans la *col.* III; et dans la *col.* IV, vis-à-vis des autres *intervalles*, où l'effet de la *chaleur* n'a pas été observé, sont les nombres de *degrés* qui en indiquent l'étendue. C'est d'après ce nouveau tableau de l'ensemble de mes expériences, que je devois me diriger dans la recherche expliquée ci-dessus.

660. Dans cette recherche, j'avois à faire sur les *données* de la TALBE VI, quant aux effets de la *chaleur*, un travail analogue à celui que j'avois fait sur celles de la TABLE III, quant aux quantités de l'*eau*. La TABLE VI me présentoit immédiatement les effets sur

l'*hygromètre* de 5° de variations de la *chaleur* en certaines parties de son échelle : j'avois trouvé (§. 656), que ces effets devoient être des *sommes* de 5 termes, appartenant à une certaine *série*, qui devoit embrasser toute l'échelle de l'*hygromètre*, et c'étoit cette *série* que j'avois à chercher. Ma route, pour cet effet, étoit comme *jalonée* par des *données* à des *distances* fixes, où elles avoient elles-mêmes certains *contours*, qui devoient aussi me servir de guides. Dans chaque intervalle non observé, j'avois ces *jalons* en vue ; et il s'agissoit de remplir les lacunes en suivant les mêmes *contours*. D'après le coup-d'œil général sur l'objet, les nombres de la *col.* IV me fournissoient les *sommes* de certains nombres de *termes*, chacun correspondant à 1 *degré* de variation du *thermomètre* dans la partie indiquée de la *série*, et chacune de ces parties étoit précédée et suivie d'autres *sommes* dont le nombre des *termes* étoit connu, savoir 5 termes. Ici donc je pouvois commencer à esquisser des portions de la *série ;* et puisque les *intervalles* où je n'avois que des *sommes*, devoient être remplis par des *termes* dont les *nuances* vinssent aboutir de part et d'autre aux parties de la *série* déjà déterminées, j'avois ainsi le moyen de découvrir leur

nombre; c'est-à-dire celui des variations successives de 1 degré sur le *thermomètre*, qui auroient fait parcourir à l'*hygromètre* chacun de ces *intervalles*.

661. Je fis diverses tentatives sous cette forme, jusqu'à ce que les *nuances* des *termes* passassent insensiblement d'*intervalle* en *intervalle;* ce qui ne put se faire sans diverses *inflexions;* mais je ne cherchai pas à les éviter, parce que je n'aurois pu le faire sans changer les *données* dans des sens auxquels s'opposoient, tant la nature même des *causes*, que j'avois toujours en vue, que l'ensemble des expériences. Quand ce travail fut fini, ma *série*, qui commençoit au premier point observé de l'*hygromètre* dans mes expériences, et passoit par les autres points de degré en degré, jusqu'à 100, se trouva consister en 151 *termes* : je ne la donnerai pas ici, parce qu'elle dut changer de forme; mais on en verra les résultats dans la TABLE VII, où les titres des *colonnes* indiquent ce qu'elles renferment. La construction de ma *série* étoit telle, que commençant par 13, 9, premier point observé sur l'*hygromètre*, ses *termes*, successivement additionnés, donnoient des hauteurs successives de l'instrument, qui augmentoient d'un terme à l'autre de la quantité

dont 1° de descente du *thermomètre* le feroit monter s'il étoit à la hauteur indiquée par le terme précédent. Les quantités de ces ascensions successives avoient été rendues telles, par la considération des *données* à leurs *places*, que j'avois, dans la suite de leurs *sommes*, tous les points observés sur l'*hygromètre* renfermés dans la *col.* I de la TABLE VI. Chacun des *intervalles* que l'instrument, dans l'observation, avoit parcourus par une variation de 5° sur le *thermomètre*, suivant l'ordre indiqué par la *col.* II, se trouvoit composé dans la *série* de 5 *termes*, dont les *différences* nuancées étoient conclues de la *col.* III; et c'étoit en continuant ces *différences*, suivant les *inflexions* indiquées par les *données*, qu'avoient été déterminés les *nombres* de *termes* exprimés dans la *col.* VI de la TABLE VII; *termes* qui devoient remplir les *intervalles* de l'échelle de l'*hygromètre* indiqués par la *col.* IV de la TABLE VI. Il résulta de ce travail une nouvelle TABLE, composée de 3 *colonnes*. La *col.* I contenoit une certaine suite de *points* successifs de l'*hygromètre*, au nombre de 151; la *col.* II indiquoit les *premières différences* des *termes* de celle-là, qui représentoient les variations produites sur l'instrument, lorsqu'étant au point correspondant,

le *thermomètre* varioit de 1°; et la *col.* III, renfermant les *secondes différences*, montroit les *inflexions* qu'avoit dû éprouver la *série* pour correspondre aux *données* des expériences.

662. Ce fut l'étude de ces *données* qui détermina la forme de ce premier travail, et la suite me montra qu'il n'auroit pu en avoir aucune autre; car ayant cru son application plus facile sous un autre arrangement, que je vais indiquer, parce que la *série* se perfectionna sous cette nouvelle forme, je fus obligé de revenir à la première. Je construisis une nouvelle TABLE, dont la *col.* I renfermoit les hauteurs de l'*hygromètre*, en commençant par le plus haut point, 100, et diminuant de *degré* en *degré* jusqu'à 13; changeant, par une interpolation tâtonnée, les *termes* des deux autres colonnes. Alors la *col.* II, exprimant les *premières différences*, indiqua, dans les mêmes proportions, la variation qu'éprouvoit l'*hygromètre* à chacun de ses points de *degré* en *degré*, par le *premier* changement de 1° sur le *thermomètre;* et les *secondes différences*, placées dans la *col.* III, conservèrent les mêmes *inflexions* sous une forme plus contractée. Cette nouvelle construction fut donc semblable à la TABLE VIII,

excepté que celle-ci a reçu quelques modifications ; quand elle a dû marcher de concert avec celle des *quantités d'eau* pour embrasser tout l'ensemble de mes expériences.

663. Les deux *séries* dont j'ai expliqué l'origine, me fournissoient en deux tableaux la généralisation des effets dans mes expériences : l'un, sous la forme de la TABLE IV, renfermoit la suite des *quantités* d'*eau* en *vapeur* qui faisoit mouvoir l'*hygromètre* de *degré* en *degré* de son échelle, dans la *température* 55 de *Fahrenheit;* l'autre, sous la forme de la TABLE VIII, m'indiquoit de combien l'*hygromètre* varioit à chacun de ces *points*, par la première variation de 1° sur le *thermomètre*. Chacune de ces *séries* passoit exactement par les points des *données* de sa classe avec des *nuances* insensibles ; mais elles devoient se réunir, pour représenter ensuite mes 18 observations, distribuées dans l'étendue de l'échelle de l'*hygromètre*, et dans lesquelles la *quantité d'eau* et la *température* étoient *données*. Ce qui restoit donc à faire pour ces TABLES, étoit de les amener au point, qu'en les appliquant conjointement à mes expériences, elles donnassent ces *quantités d'eau*.

664. De ces expériences, il y en avoit 6 à la *température 55*; ainsi la quantité d'*eau* étoit immédiatement fournie par la TABLE IV; mais on va voir quel travail exigeoit le calcul des 12 autres observations, dont la *température* étoit différente. La TABLE VIII ne m'offroit d'*équation* que pour le *premier degré* de différence de la *chaleur*, et dès le second, l'*hygromètre* ne se trouvoit plus au même point, et il falloit une autre *équation*, ce qui se répétoit de degré en degré du *thermomètre*. Les hauteurs de l'*hygromètre* étant accompagnées de *décimales*, j'étois déjà obligé d'avoir recours à la *colonne* des *différences* de la TABLE VIII, pour avoir exactement l'*équation* du *premier degré* au point observé. Ce premier changement étant fait sur l'*hygromètre*, par soustraction ou addition, j'avois un nouveau point accompagné de *décimales*, dont il falloit de nouveau chercher l'*équation* pour le *premier degré*, qui étoit la *seconde* de celles que j'avois à trouver; et je devois procéder ainsi de degré en degré jusqu'au 5e., pour chacune des 12 observations à réduire. Voilà qui pourroit être décourageant pour le lecteur lui-même, si je n'annonçois dès ici, que j'ai trouvé le moyen de supprimer toutes

ces

ces opérations : mais je ne le trouvai pas d'abord, et ce fut sous cette forme laborieuse que j'essayai mes *séries*.

665. Les changemens que ces essais m'indiquèrent en divers points, m'occasionnèrent aussi bien du travail. Avant que d'en pouvoir déterminer aucun, toutes les observations devoient être calculées; car c'étoit alors seulement que je pouvois savoir de quel côté se jettoient les *écarts*, et dans quelles circonstances, pour juger ainsi laquelle des *tables* exigeoit une correction, et dans laquelle de ses parties. Mais je ne pouvois changer aucun *terme* de l'une ni de l'autre de ces *séries*, sans y rétablir les *nuances*, et bientôt j'atteignis une autre partie de la *table*, à laquelle quelque autre observation, ou n'exigeoit aucun changement, ou quelquefois en exigeoit un contraire; de sorte que dans toute correction d'un *terme*, j'étois limité par l'ensemble des observations. Cependant, comme je ne pouvois prévoir d'abord toute l'influence de ces changemens, à chaque fois que j'avois fini ceux qu'un calcul de toutes les observations avoit exigés, il falloit les calculer de nouveau, pour juger des changemens qu'éprouvoient les *écarts* dans leurs *positions*, à mesure que leur *somme* diminuoit. Telle est l'opération

que je fus obligé de faire plusieurs fois, d'après la méthode d'*approximation*, dans laquelle chaque partie des déterminations qui approche de l'exactitude, aide à y amener les autres. Je continuai donc ce travail sur les TABLES IV et VIII, jusqu'à ce que je ne pusse plus y faire de changement qui ne tendît, ou à augmenter la *somme* des *écarts*, ou à diminuer leur égalité de part et d'autre des points donnés, ou enfin à produire des *sauts* entre les *termes* de l'une ou l'autre *série*; trois limites naturelles qui excluoient presque entièrement l'arbitraire; ce que je crois avoir rendu sensible pour les physico-mathématiciens, ainsi que l'avantage de la méthode *empirique* pour arriver à ce but.

666. Je viens maintenant au moyen que j'ai trouvé pour abréger ces calculs. Leur longueur, comme on l'a vu, procédoit de ce que l'*équation* pour la *chaleur* doit se faire de *degré* en *degré* du *thermomètre*, en la changeant à mesure qu'elle avançoit de pas en pas, et toujours par des points fractionnés de l'*hygromètre*, jusqu'à ce qu'arrivé au dernier, il me conduisoit à la TABLE IV, où j'avois la *quantité d'eau* correspondante à l'observation. Jettant un jour les yeux sur une feuille de papier, à l'un des côtés de laquelle j'avois

placé de suite les modifications qu'avoient éprouvées les points donnés de l'*hygromètre*, dans chacune de mes observations, par les additions ou soustractions successivement exécutées des *équations* de degré en degré du *thermomètre*, je fus frappé de ce que ces calculs formoient comme des portions du premier travail que j'avois fait pour trouver les élémens de la *série* des changemens produits par la *chaleur;* et qu'ainsi une *table* pourroit être construite à demeure, en partant du point 100 de l'*hygromètre*, et faisant diminuer sa hauteur jusqu'aux environs de 13°, par l'application successive des *équations* pour 1 degré du *thermomètre*, fournies par la TABLE VIII, qui étoit arrivée alors à sa plus grande *approximation;* de sorte qu'on trouvât prêt dans cette *table*, sauf ce qu'exigeroit une *fraction*, tout calcul pour un point donné de l'*hygromètre*, par tout nombre de *degrés* du *thermomètre* au-dessus ou au-dessous de 55°. Aussitôt que j'eus conçu cette idée, voyant clairement qu'elle étoit exacte, je l'exécutai; et il en résulta finalement la TABLE IX, à laquelle, après l'avoir employée et bien considérée, je donnai plusieurs autres propriétés, par des additions de *colonnes*.

667. La *colonne* III de cette *table* a été

formée comme je viens de l'expliquer, et j'y ai laissé les *soustractions* successives des quantités correspondantes à 1° d'augmentation de la *chaleur*, conclues, pour chaque nouveau point, de la TABLE VIII, qui par-là avoit rempli tout son office. La grande épargne de temps et de travail produite par cette méthode, m'en inspira l'extension à la *quantité d'eau*. L'usage immédiat de la *col.* III est de ramener une observation sur l'*hygromètre*, au point où elle auroit été, la quantité de *vapeur* étant la même, si la *température* eût été 55°,: et la méthode consiste à chercher d'abord, dans cette *colonne*, le point observé sur l'*hygromètre* (sauf la *fraction*), puis de rétrograder d'autant de *termes*, que le *thermomètre* étoit au-dessous de 55°, ou d'avancer vers les termes plus petits, d'autant de *termes* qu'il étoit au-dessus : et pour conduire l'œil dans ces changemens de *termes*, j'ai placé dans la *col.* II la suite des *nombres* naturels, partant du premier des *termes*. Les *équations* qui forment les *différences* des *termes* étant placées entre eux dans la *col.* III, servent à estimer les fractions de degrés du *thermomètre*. Tel étoit le premier usage de la *table*, et quand l'observation de l'*hygromètre* étoit ainsi réduite au *terme* où elle auroit été

par la *température* 55, j'allois avec ce nouveau *terme* à la TABLE IV, où je trouvois la *quantité d'eau* correspondante; mais quand j'eus fait plusieurs fois cette transition, je compris qu'on l'épargneroit, si l'on avoit dans une nouvelle *colonne* les *quantités d'eau* correspondantes, par la *température* 55, à chacun des *termes* de la *col.* III; ainsi je les plaçai dans la *col.* IV, calculées d'après la TABLE IV, et j'ajoutai dans la *col.* V les *différences* des *termes* de celle-là, pour servir aux fractions des points de l'*hygromètre*. J'avois alors dans cette seule *table* tout ce qui étoit nécessaire au calcul des observations; mais pour un usage particulier, dont je parlerai dans la suite, j'y ajoutai une autre colonne, qui est la *col.* I, renfermant la suite des *degrés* descendant du *thermomètre*, à partir de 55, continuée jusqu'à — 102, soit à 102 *degrés* au-sous de 0 sur l'échelle de *Fahrenheit* : on verra dans la suite l'usage de cette colonne.

668. On a vu cette *table* naître successivement de l'ensemble de mes observations, qu'elle représente ainsi à tous égards; et j'ai une première remarque à faire sur la méthode que j'ai employée. Le 156e. *terme* correspond au point 13,968 de l'*hygromètre*, et il procède de la soustraction 156 fois repétée, de

l'*équation* pour un *premier degré* d'ascension du *thermomètre* à chacun des points successifs. Dans cette opération, les *équations* conclues successivement de la TABLE VIII, sont retournées à la première forme sous laquelle je les avois déduites de la TABLE VI; formant alors une *série* composée de diverses portions, telles qu'elles sont exprimées dans la TABLE VII par les *nombres* de leurs *termes*, qui ensemble montoient à 151. Les *termes* de cette *série*, d'abord transformés en ceux d'une *série* semblable à la TABLE VIII, ont dû, pour y arriver à leur détermination dans cette *table*, subir quelques changemens, dictés par leur combinaison avec ceux des *quantités d'eau* dans la TABLE IV, modifiés aussi, pour que, par leur réunion, ils s'accordassent le mieux possible avec l'ensemble des observations. Or tout l'effet de ces changemens n'a été que de porter à 156 le nombre des *termes* de la *série* immédiatement conclue des effets seuls de la *chaleur*, qui ne fut d'abord que de 151. On voit donc ainsi, qu'avec les *causes physiques* pour guides, avec l'habitude d'en considérer la *marche* dans les *phénomènes*, et l'attention aux *distances* qui se trouvent entre les *points* fournis par l'observation, la méthode des *approximations* empiriques marche

avec des règles assez sûres pour épargner beaucoup de *tâtonnemens;* et l'on jugera, je crois, d'après le calcul des observations, et une autre circonstance qu'on verra dans la suite, que cette méthode est la plus *sûre*, quand les *données* sont affectées d'*anomalies*.

669. Par la construction de cette *table*, elle fournit immédiatement la réponse à 4 questions que je vais poser ici.

QUESTION I. « Un point de l'*hygromètre* » étant donné, quelles sont les quantités » d'*eau évaporée* contenues dans 1 *pied cube* » d'air, par une *température* donnée? »

QUESTION II. « Les points de l'*hygromètre* » et du *thermomètre* étant donnés, quelle est » la quantité d'*eau évaporée* dans 1 *pied cube* » d'air, au *lieu* et au *moment* de l'observation »?

QUESTION III. « Les points des deux ins- » trumens étant donnés, de combien fau- » droit-il que le *thermomètre* baissât, pour » que l'*hygromètre* montât à 100 : c'est-à-dire, » pour que la quantité actuelle de la *vapeur* » dans l'air, devînt, par la nouvelle *tempéra-* » *ture*, celle qui devroit précéder toute *pré-* » *cipitation?* »

QUESTION IV. « Une *température* étant » donnée, de 55 et au-dessous sur l'échelle » de *Fahrenheit*, quelle est la quantité d'*eau*

» en *vapeur* qui produiroit son *maximum*
» dans 1 *pied cube* d'air? »

670. La Ire. de ces *questions*, dont la réponse découle des propriétés de la *table*, est le problême fondamental de l'ATMOMÉTRIE; et sa réponse renferme les idées les plus précises des théories de l'HYGROLOGIE et de l'HYGROMÉTRIE, en même temps qu'elle achemine les réponses aux autres *questions ;* c'est pourquoi j'y reprendrai en abrégé les principes de la construction de la *table*. Par cette construction, ayant trouvé dans la *col.* III. le point donné de l'*hygromètre*, on a immédiatement *au-dessus*, celui où il monteroit, si la *température* baissoit de 1 *degré ;* et *au-dessous*, le point où il baisseroit, si la *température* haussoit de 1 *degré*, la *quantité* de *vapeur* restant la même. J'ai dit aussi que la *col.* IV donne immédiatement les *quantités d'eau* en *vapeur* dans 1 *pied cube* d'air, pour les points de l'*hygromètre* correspondans dans la *col.* III, quand la *température* est 55 de *Fahrenheit*. Soit donné un point de l'*hygromètre*, et que la *température* soit 56°. Ayant trouvé ce point dans la *col.* III, on aura immédiatement au *terme* au-dessus, dans la *col.* IV, la *quantité d'eau* correspondante; car si l'*hygromètre* étoit à ce point supérieur

avec la *température* 55, ce seroit là immédiatement la quantité *d'eau;* et si alors, sans changement dans cette quantité, le *thermomètre* montoit à 56, l'*hygromètre* descendroit au point donné. Supposons au contraire, qu'avec le même point de l'*hygromètre*, la *température* fût à 54 : alors la quantité *d'eau* seroit celle du *terme* immédiatement inférieur; car si l'*hygromètre* étoit à ce point plus bas, avec la *température* 55, ce seroit là immédiatement la quantité *d'eau;* et si alors, sans changement dans cette quantité, le *thermomètre* descendoit à 54, l'*hygromètre* viendroit au point donné.

671. On voit aisement que la marche est la même, toujours avec le même point de l'*hygromètre*, pour 2, 3, ou *n* nombre de degrés du *thermomètre*, au-dessus ou au-dessous de 55; c'est-à-dire, qu'ayant trouvé dans la col. III le point observé de l'*hygromètre*, il faut, dans le premier cas, monter d'autant de *termes* et dans le dernier descendre d'autant de *termes* que la *température* diffère de 55, puis là, dans la col. IV, se trouve la *quantité d'eau* sauf la *fraction*. Supposons, par exemple, que l'*hygromètre* soit à 40,134, qui est le quarante-unième terme de la table : voilà un *degré* fixe d'*humidité*, quelle que

soit la *température*. Si alors la *température* est à 55°, ce degré d'*humidité* sera produit par 2,66 *grains* d'*eau* en *vapeur* dans un *pied cube* d'air, qui est la quantité au *terme* 41. A mesure que la *température* sera plus haute que ce point, de degré en degré, toujours avec le même point de l'*hygromètre*, les quantités d'*eau* croîtront, suivant les indications successives de la *col.* IV; de sorte que si le *therm.* étoit à 96, soit 41° au-dessus de 55, ou le 0 de la TABLE, *col.* II, la quantité d'*eau* deviendroit 6,46 *grains*. Si au contraire, toujours avec ce même point de l'*hygromètre*, et ainsi avec le même degré d'*humidité*, nous supposons le *thermomètre* plus bas de degré en degré, les quantités d'*eau* diminueront suivant les nombres de la *col.* IV en descendant; de sorte qu'en supposant le *thermomètre* plus bas de 55 degrés, et ainsi au 0 de *Fahrenheit*, la quantité d'*eau* fournie alors par le quatre-vingt-seizième *terme* de la TABLE (41 + 55) ne sera que 1,64 *grain*.

672. Telle est, d'après l'expérience, l'idée précise, tant des *degrés d'humidité* que de leur rapport avec la *densité* de la *vapeur* suivant la *température*. Le *degré d'humidité* étant donné et trouvé dans la *col.* III, les

quantités d'*eau* en *vapeur* qui le produisent varient pour chaque degré du *therm.* au-dessus de 55, suivant les nombres ascendans de la *col.* IV, et suivant les nombres descendans, pour les degrés au-dessous de ce point : la quantité, pour la *temp.* 55, étant toujours celle qui correspond du terme trouvé dans la *col.* III. Ainsi, nous avons dans l'exemple ci-dessus, un *degré donné d'humidité* auquel, par les différences de *température* comprises entre 0 et 96 de *Fahr.* (dont la différence totale est connue dans l'atmosphère) correspondent autant de différentes quantités d'*eau* dans un *pied cube* d'air, qu'il y a de termes dans la *table* entre 1,64 *grain*, et 6,46 *grains*. Cette idée générale, fixée ici par des *quantités d'eau*, résulte, comme on a pu le comprendre ci-devant, de la nature de la *vapeur* ; et il ne s'agit que de savoir si ces déterminations sont bien celles que fournissent mes expériences : or on le verra par les exemples que je donnerai, en répondant à la Seconde Question.

673. Question II. « Les points de l'*hygromètre* et du *thermomètre* étant donnés, » quelle est la quantité d'*eau en vapeur* dans » 1 pied cube d'air au lieu et au moment » de l'observation » ? La réponse à cette

QUESTION est implicitement dans celle à la première. Il faut d'abord chercher, dans la *col.* III de la TABLE, le *terme* correspondant au point de l'*hygromètre :* si celui du *thermomètre* est 55, on a là immédiatement la quantité d'*eau* dans la *col.* IV ; sinon, il faut *remonter* dans la TABLE d'autant de *termes* que le point du *therm.* est *au-dessus* de 55, ou *descendre* d'autant de *termes* qu'il est *au-dessous ;* et au nouveau point, la quantité d'*eau* se trouve dans la *col.* IV. Je vais donner un exemple de chacun des *trois* cas, tiré de mes expériences, où les quantités d'*eau* sont connues; après quoi je réunirai dans un seul tableau, le calcul de toutes ces expériences, pour servir de preuve de l'exactitude de la TABLE IX.

674. *Exemple* I. On trouve dans la TABLE II, sous la *temp.* 55 et dans la *col.* I, la première observation de l'*hygromètre* à cette *température;* il étoit à 14,5. Le *terme* le plus près dans la *col.* III de la TABLE IX, qui est le 152e, est 14,418 ; et comme dans ce cas la *température* est celle pour laquelle les quantités d'*eau* de la *col.* IV sont calculées, on a immédiatement la quantité qui correspond à ce *terme ;* savoir : 1 *grain :* or, il y avoit 1 *grain d'eau* en *vapeur* dans le vase,

quand cette observation fut faite. Mais le point de l'*hygromètre* étoit 14,5, plus grand de 0,082 que le *terme* de la TABLE, et ainsi plus de la moitié de la différence 0,115 de ce terme au suivant. Si donc, par cette raison, on prenoit toute la *différence* des deux quantités d'*eau*, on auroit une erreur en *excès* de 0,01 *grain*.

675. *Exemple* II. Dans la première des observations placées dans la TABLE II, sous la *temp.* 60, l'*hygromètre* étoit à 13,9; c'est le point le plus bas où je l'ai observé avec 1 *grain* d'eau en *vapeur* dans le vase; et il correspond le mieux au dernier *terme* de la TABLE IX, le 157e, qui est 13,858; et ici la différence du *terme* à l'observation, qui est 0,042, étant moindre que la moitié de la *différence* 0,110 de ce terme au précédent, peut être négligée; les *différences* des quantités d'*eau* dans cette partie de la TABLE n'étant que 0,01. Mais la *température* étoit de 5° *au-dessus* de 55; il faut donc remonter de 5 *termes* dans la TABLE, soit au 152e, où la quantité d'*eau* est 1 *grain*. On voit ici la raison de l'extension de TABLE jusqu'au 157e *terme*.

676. *Exemple* III. Avec cette même quantité d'*eau* dans le vase, on trouve dans la

TABLE II, que par la *tempér.* 50, l'*hygromètre* étoit à 15,2; et le *terme* le plus près dans la TABLE IX, soit le 146e, est 15,127. La *température* étant de 5° *au-dessous* de 55, il faut descendre de 5 termes, et l'on arrive au 151e, où la quantité d'*eau* est 1,01 *grain;* plus grande de 0,01, que dans l'expérience; l'*excès* est même un peu plus grand, parce que le point de l'*hygromètre* est un peu au-dessus du *terme* correspondant de la TABLE.

677. Ces exemples suffiront, pour montrer l'application de la table aux trois différens cas de la QUESTION II. J'ai calculé de la même manière les dix-huit observations de la TABLE II, ayant égard aux différences des points observés de l'*hygromètre* d'avec les points les plus voisins dans la TABLE IX, parce qu'à mesure que l'*hygromètre* est plus haut, les *différences* de *terme* à *terme* des quantités d'*eau* deviennent plus grandes; et j'ai rassemblé dans la TABLE X, les résultats de ces calculs. La *col.* I de cette TABLE renferme les quantités d'*eau* en *vapeur* qui se trouvoient dans le vase pendant les observations; la *col.* II indique les *températures ;* la *col.* III renferme les observations de l'*hygromètre ;* la *col.* IV indique les *numéros* des *termes* de la TABLE IX les plus

voisins des observations respectives ; et l'on y voit qu'elles embrassent toute l'étendue de la TABLE. La *col.* V renferme les quantités d'*eau* résultantes du *calcul ;* et la *col.* VI, les différences de ces quantités, avec celles de la *col.* I.

678. J'espère que cette vérification de la TABLE IX, fera porter un jugement favorable de la méthode par laquelle j'y suis arrivé. Je n'ai pas prétendu déterminer par-là des rapports qu'on dût trouver aussi exacts dans tous les cas ; puisque j'ai montré moi-même que ces observations sont sujettes à des *anomalies*. J'ai voulu seulement rendre sensible, dans ce cas où nous avions pour guides des *causes physiques* profondément examinées en elles-mêmes, que lorsque les *causes* des *phénomènes* ne sont pas encore découvertes, et qu'on s'attache à les réduire sous des *loix régulières*, on peut prendre pour des *anomalies* quelques *inflexions* des *données* comparativement à ces *loix* arbitraires, et effacer ainsi certaines traces des *causes* qui pourroient aider à en découvrir la *nature*. De sorte que, dans l'incertitude des *causes*, il est plus sûr de suivre empiriquement ce que j'ai nommé les *contours* des *données*, que de les *fléchir*, pour les faire correspondre à certaines *loix* ; puisqu'on

peut toujours, avec quelque attention, former des *tables* qui remplacent, quant à l'application, l'élégante *simplicité* des *formules* mathématiques.

679. Quoique je ne prétende donc point que ma TABLE finale pût s'appliquer avec la même exactitude à un autre ensemble d'expériences, on a pu voir cependant, par ce que j'ai dit des causes d'*anomalies*, que si elles rendent incertaines à quelque degré les déterminations des *séries* sur lesquelles cette TABLE est fondée, elles ne voilent en aucune manière la nature et les modifications de la *vapeur aqueuse* dans l'air; et les expériences démontrent en même temps, que les quantités de la *vapeur* sont toujours si petites, que l'inexactitude qui peut se trouver dans leur détermination ne sauroit influer en rien de sensible dans aucun des cas pour lesquels il importoit de l'obtenir. Le premier de ces cas, celui pour lequel, il y a passé trente ans, je me vouai à l'ATMOMÉTRIE, est la *sécheresse* habituelle des couches élevées de l'atmosphère; et le premier phénomène *météorologique* précis que j'observai dès que j'eus un HYGROMÈTRE; phénomène que tout a confirmé depuis que l'attention s'est portée sur cette classe de faits, mérite

mérite que j'en fasse mention ici, avant que de quitter les cas relatifs à la QUESTION II; puisque c'est le premier qui a rendu cette question importante; et il me servira en même temps d'exemple à l'égard des réponses aux deux autres QUESTIONS.

680. On peut voir au §. 542 de mes *Idées sur la Météorologie*, qu'étant au sommet du *Mont Buet*, à une hauteur de passé 9000 pieds de France au-dessus du niveau de la mer, et la *température* y étant à 45° de l'échelle de *Fahrenheit*, l'*hygromètre* s'y tint à 53,5. On verra bientôt pourquoi il étoit important de connoître la quantité d'*eau* en *vapeur* qui se trouvoit alors dans l'*air*. Le *terme* le plus près de ce point dans la TABLE IX est le 58e, soit 53,316 que je regarderai ici comme exact. La *température* étant environ 10° au-dessous de 55 (+ 6 de mon échelle) il faut descendre de 10 *termes*, et ainsi au 68e, où nous trouvons que la quantité d'*eau* en *vapeur* étoit alors 2,13 *grains* anglois dans 1 *pied cube* anglois; ce qui, suivant le rapport fixé au §. 631, revient à 2,84 *grains* de France dans 1 *pied cube* de France. Voilà une quantité bien petite; mais continuons à analyser ce cas, en lui appliqunt les deux autres QUESTIONS.

681. QUESTION III. « Les points de l'*hy-*
» *gromètre* et du *thermomètre* étant donnés,
» de combien faudroit-il que le dernier baissât,
» pour que le premier montât à 100 ;
» c'est-à-dire pour que la quantité actuelle
» de *vapeur* devînt, par la nouvelle *tempé-*
» *rature*, le *maximum* qu'elle ne peut dépasser
» sans qu'il ne s'en *précipite* une partie,
» mais auquel elle doit arriver, avant toute
» *précipitation ?* »

Le point 100, auquel nous voulons que l'*hygromètre* arrive, sans changement dans la quantité de la *vapeur*, est le premier *terme* de la TABLE ; et les *termes* suivans se forment par la soustraction successive des *équations* pour les degrés dont le *thermomètre* viendroit à hausser successivement, de quelque point qu'il partît, quand l'*hygromètre* est à 100 ; car ce n'est pas de la quantité de la *vapeur* que dépend le point 100 ; c'est de cette *quantité*, par une *température*. Nous savons donc, qu'à quelque point que soit l'*hygromètre*, par une *température* quelconque ; ce point étant trouvé dans la *col.* III, pour que la même quantité de *vapeur* porte l'*hygromètre* à 100, il faut qu'à partir de la *température* actuelle, le *thermomètre* baisse d'autant de *degrés* que ce point est éloigné

du point 100 ; ce qu'indique la *col.* II.

682. J'ai dit que je prendrois pour exemple l'observation sur le *Mont Buet*, où l'*hygromètre* étoit à 33,5, ce qui correspond au 58ᵉ *terme :* la *température* étant 45 de *Fahr.*, pour avoir la quantité d'*eau* nous sommes descendus de 10 termes au 68ᵉ, où cette quantité s'est trouvée 2,13 *grains*. De ce *terme* où l'*hygromètre* auroit été à 30,084 par 55° du *thermometre*, pour que le premier montât à 100, c'est-à-dire pour que 2,13 *grains* d'eau en *vapeur* dans 1 *pied cube* d'air devinssent son *maximum*, le thermomètre auroit dû baisser de 68 degrés de *Fahr.*, et ainsi à 13° au-dessous du o de cette échelle, et il n'y auroit eu encore aucune *précipitation d'eau*. Ainsi le changement de *température* ne pouvoit rien pour produire la *pluie ;* mais allons plus loin.

683. QUESTION IV. « Une *température* » étant donnée, de 55 et au-dessous sur » l'échelle de *Fahrenheit*, quelle est la quan- » tité d'eau en *vapeur* qui produit son *maxi-* » *mum*, ou l'*humidité extrême*, dans 1 *pied* » *cube* d'air? »

C'est pour fournir immédiatement la réponse à cette question, que j'ai ajouté, à la TABBE IX, sa *col.* I, renfermant l'échelle

descendante du *thermomètre*, à partir de 55; parce que le point donné de *température* étant trouvé dans cette colonne, la réponse à la question est le nombre correspondant dans la *col.* IV; et voici pourquoi. Supposons que la *température* donnée soit 40°. A ce point, pris dans la *col.* I, correspond, dans la *col.* III, la hauteur 67,265 de l'*hygromètre*, et dans la *col.* IV, la quantité d'*eau* est 4,20 *grains*. D'après la construction de la *table*, cette quantité correspond à 67,265 de l'*hygromètre*, quand la *température* est 55. Mais ce point de l'*hygromètre* diffère de 100, par l'*équation* 15 fois répétée pour 1° du *thermomètre*. Si donc l'*hygromètre* étoit à 67,265 par la *température* 55, et qu'elle baissât à 40, il monteroit à 100, sans changement dans la *quantité d'eau*, soit 4,20 *grains*, qui produiroit alors l'*humidité extrême*. Il en est de même pour toute *température*; toujours la *quantité d'eau* de la *col.* IV, correspondante à un point du *thermomètre* dans la *col.* I, est celle qui tiendroit l'*hygromètre* à 100 par cette *température*, d'après l'ensemble de mes expériences.

684. On voit par cette détermination, à laquelle je reviendrai bientôt pour en considérer les fondemens, que lors même que,

dans quelque cas, l'*humidité extrême* règneroit dans l'*air transparent* des couches supérieures de l'atmosphère, jamais la quantité de *vapeur* ne pourroit suffire à la plus petite *pluie;* parce que leur *température* est toujours trop basse. Par exemple, l'observation faite au *Mont-Buet* étoit au mois d'*août*, et la *température* n'étoit qu'à 45 de *Fahrenheit*. A ce point correspondent dans la *table* 4,92 *grains* dans 1 *pied cube* d'air, comme étant le *maximum* de la *vapeur*. Supposons donc, contre toutes les observations d'après lesquelles on sait que l'air *transparent* est toujours très-*sec* à ces hauteurs, qu'il se trouvât à l'*humidité extrême*, par la *température* 45. Pour qu'il s'en précipitât seulement 2 *grains* par *pied cube*, ce qui ne seroit rien pour la *pluie*, et que sa quantité fût ainsi réduite à 2,92, il faudroit que la *température* baissât à 23°, point auquel correspond cette dernière quantité; et pour qu'il s'en précipitât 1 *grain* de plus, ce qui ne seroit rien encore, il faudroit que la *température* baissât jusqu'à — 23 de *Fahrenheit*, comme on le voit par la *table*, où ce point correspond à 1,93 *grain*.

685. Un phénomène aussi grand que celui de la *pluie* ne pouvant qu'être une pierre de touche de la nouvelle théorie chymique, et le

sort de cette théorie étant ainsi lié à ce qui sera décidé finalement, tant de la théorie *atmométrique* que nous avons fondée, M. DE SAUSSURE et moi, que de nos observations de l'HYGROMÈTRE sur les *montagnes*, je ne suis pas étonné que les physiciens qui ont imaginé la première, ainsi que ceux qui ont pris sa défense, aient employé toutes les ressources de l'imagination pour s'autoriser à récuser le témoignage de l'HYGROMÈTRE. J'examinerai de nouveau ces objections, et je commencerai par une première qui ne regarde pas l'*hygromètre*, mais les observations de cet instrument sur les *montagnes*. On a dit à ce sujet, que les *montagnes attirant l'humidité* de l'air voisin, il devoit toujours être *sec* autour d'elles; qu'ainsi l'observation qu'on y fait de l'HYGROMÈTRE, n'indique point l'état de l'*air libre* au niveau des lieux où on l'observe.

686. Je remarquerai d'abord à ce sujet, que la même hypothèse conduisoit autrefois à la conséquence opposée, savoir, que les *montagnes attirant l'humidité*, elle s'accumuloit autour d'elles, et y formoit les *nuages* et la *pluie*. Mais l'hypothèse elle-même n'a aucun fondement; les *montagnes* ne diffèrent en rien des *plaines* à cet égard; elles sont

revêtues de terreins semblables; les plantes s'y couvrent aussi de *rosée* dans les soirées des beaux jours; leur sol est même en général plus *humide* que celui des *plaines*, par les *neiges* qui s'y fondent long-temps, et par les *nuages* dont elles sont fréquemment environnées, non à cause d'*elles-mêmes*, mais comme on en voit en même temps d'épars dans l'air à leur niveau; de sorte qu'on y trouve des *plantes* qui, à la *plaine*, ne croissent que dans des lieux *humides*. Puis donc qu'à cet égard les *montagnes* se trouvent en tout dans le même cas que les *plaines*, et même avec plus d'*humidité* dans leur sol pour produire de la *vapeur;* si quelque *attraction* du sol pouvoit y faire tenir l'HYGROMÈTRE plus bas que dans l'*air libre*, il en arriveroit de même sur les *plaines*.

687. Les détails de mes observations sur le *Mont-Buet* et dans ses environs auroient pu seuls prévenir cette objection. Le sommet de cette montagne s'élève en obélisque dans l'*air libre*, dominant tout, excepté du côté de la chaîne à laquelle appartient le *Mont-Blanc*. Ce sommet est couvert d'une épaisse croûte de *neige*, qui ne se fond jamais entièrement ni à beaucoup près; elle se fondoit alors, et produisoit ainsi plus de *vapeur;* de

sorte que nous étions là comme sur une *plaine* couverte de neige fondante. Mais ce n'étoit pas l'*air local* qui influoit sur l'*hygromètre*; l'instrument étoit suspendu, avec le *thermomètre*, auprès d'un rocher isolé, exposé à un *courant d'air* assez fort venant du Sud, côté absolument libre; ainsi les deux instrumens ne pouvoient indiquer que l'état de l'*air* à même *hauteur*, sur toutes les *plaines*, comme sur les montagnes plus basses, et dans les vallées de la chaîne plus élevée.

688. Voici maintenant ce qui rend importantes toutes ces remarques. Dans cette *couche d'air* en mouvement, qui, d'après les calculs *atmométriques* qu'on vient de voir, contenoit si peu de *vapeur aqueuse*, nous vîmes se former *au-dessus de la plaine*, comme dans les vallées des montagnes et autour de notre obélisque, des *nues* qui, à leur aspect, menacèrent tellement d'être *orageuses*, que nous descendîmes en hâte de ce sommet; mais avant que nous fussions arrivés à un gîte, ces *nues* répandirent une grande abondance de *pluie*, et par fois de la *grêle*, avec des *tonnerres* et un *vent orageux*. J'ai décrit ces phénomènes au §. 563 du même ouvrage; et l'on pouvoit y voir cette circonstance, que dans le vallon d'*Anterne*, élevé encore

d'environ 5300 pieds, l'HYGROMÈTRE observé dans les intervalles de la *pluie*, au-dessus du sol imbibé d'*eau*, y indiquoit la même *sécheresse* que le matin du même jour dans l'*air* serein.

689. On voit par toutes ces circonstances, que les *montagnes* elles-mêmes n'entrent pour rien dans les phénomènes de *sécheresse* de cette région; elles n'y sont que comme des observatoires élevés, où nous avons appris à connoître ce qui se passe dans les *couches d'air*, presque toujours en mouvement, qui sont à leur niveau. C'est là que nous avons acquis, par le *baromètre*, le *thermomètre*, l'*eudiomètre*, l'*hygromètre* et l'*électromètre*, les seules vraies connoissances que nous possédions sur l'atmosphère; ce sont les phénomènes qu'on y observe qui ont en particulier donné naissance à l'ATMOMÉTRIE; et c'est avec les règles certaines de cette nouvelle science, que nous avons déterminé l'état des *couches d'air* où la *pluie* se forme; état qui ne permet pas de douter que l'*eau*, qui s'en détache alors avec plus ou moins d'abondance, ne provienne de la masse même de l'*air*.

690. J'apporterai bientôt une nouvelle preuve de cette exactitude des principes de l'ATMOMÉTRIE, par une seconde comparaison

de mes résultats avec ceux de M. DE SAUSSURE; mais je dois expliquer auparavant un *supplément* qu'on voit à la TABLE IX. En indiquant les *limites* de cette TABLE dans son titre, j'ai dit d'abord qu'elle s'étend jusqu'à 96 de *Fahrenheit*, quant à la *température ;* soit + 28 $\frac{3}{4}$ de mon échelle en 80 parties; pourvu que l'*hygromètre* ne soit pas au-dessus de 40° ou environ; et voici pourquoi. Cette *température* étant de 41° de *Fahrenheit* au-dessus de 55, après avoir trouvé dans la *col.* III le point correspondant à l'observation de l'*hygromètre*, il faudroit rétrograder de 41 *termes* pour avoir la quantité d'*eau* (§. 673). Mais le 41e. *terme* répond à 40,134 de l'*hygromètre ;* si donc il étoit plus haut, la rétrogradation nécessaire sortiroit des limites de la TABLE.

691. J'ai dit aussi qu'on peut trouver dans cette TABLE tous les cas dans lesquels la *température* étant au-dessous de 96, l'*hygromètre* ne seroit que proportionnellement plus haut : et voici à cet égard une considération générale. Si l'*hygromètre* est à 100, il répond au premier *terme* de la TABLE ; et si la *température* est 55, on a là immédiatement la quantité d'*eau :* mais comme c'est la borne de la TABLE, elle ne peut répondre à un cas

ou l'*hygromètre* étant à 100, le *thermomètre* seroit au-dessus de 55. A mesure que l'*hygromètre* est plus bas, le *thermomètre* peut être plus élevé; mais comme le nombre de *termes* dont on descend dans la TABLE pour trouver le point observé de l'*hygromètre*, détermine celui des degrés dont le *thermomètre* peut être au-dessus de 55 sans sortir de ses limites; si ce point n'y est pas assez bas, comparativement à l'observation du *thermomètre*, la TABLE devient insuffisante.

692. Ces limites, qui se trouvent déterminées par les points de *température* de mes expériences, me paroissent renfermer tous les cas observables dans l'air libre en Europe. Mais il n'en est pas de même entre les tropiques, dans les pays sur-tout formés par les atterrissemens de grands fleuves, tels, par exemple, que le *Bengale*, où il règne des degrés d'*humidité* qui me paroissent inconnus en Europe, par les mêmes *températures* : le fer et l'acier s'y rouillent si promptement en quelques saisons, que les chirurgiens sont obligés d'y tenir leurs lancettes et autres instrumens de ce genre dans des fioles bien bouchées; et j'ai ouï dire au docteur LIND, que la sensation qu'on éprouve alors, est semblable à celle qu'on a dans un atelier

où l'eau s'évapore de grandes chaudières. J'ai un fils dans ce pays-là, à qui j'ai envoyé un de mes *hygromètres ;* il m'a communiqué ses observations, et je vais en extraire quelques-unes, pour donner une idée du climat dans la partie de cette province qu'il habite.

1794.		Février.	THERM. de FAHR.	HYGR.	VENT.	A *Chattuck*, près de *Silhet*, au Nord-Est du *Bengale*.
25	11 h. soir.		$66\frac{1}{2}$	$62\frac{1}{2}$	Sud foib.	Il n'a pas plu depuis 4 mois.
27	$7\frac{1}{2}$ matin.		62	61	Nord.	
	Midi.		$79\frac{1}{2}$	$51\frac{1}{2}$	Sud.	
Mars.						
1	7	soir.	$63\frac{1}{2}$	58	Nord.	L'air est peu transparent, les nues s'assemblent.
2	7	matin.	62	82	*id.* foib.	Air peu transparent, et ciel couvert.
	Midi.		$69\frac{3}{4}$	$58\frac{1}{2}$	calme.	Ciel serein.
4	7	matin.	$67\frac{1}{2}$	60	calme.	Petite pluie, air transparent sous les nues.
	11	soir.	$67\frac{3}{4}$	$61\frac{1}{2}$	calme.	Ciel serein.
6	2	soir.	84	53	Nord.	Ciel couvert, tonnerres du côté du Nord.
	5		$74\frac{1}{2}$	$54\frac{1}{2}$	*idem.*	Ciel plus obscur, les tonnerres augmentent, il pleut en grosses gouttes.
12	11	soir.	$78\frac{1}{2}$	65	Sud. orag.	Il n'y a des nuages qu'à l'horizon vers le Nord, où il tonne.
14	3	soir.	$86\frac{3}{4}$	$50\frac{1}{4}$	Sud.	Nuage ; il a beaucoup plu dans les collines.
15	$10\frac{1}{2}$	soir.	$66\frac{1}{4}$	67	*idem.*	Il pleut, et il a beaucoup plu de temps en temps, avec des tonnerres.
26	Midi.		$66\frac{1}{2}$	$66\frac{1}{2}$	N. O.	Il pleut, et a plu de temps en temps par toute sorte de vent.

1794.		THERM. de FAHR.	HYGR.	VENT.	A *Chatuck*, près de *Silhet*, et au Nord-Est du *Bengale*.
Avril.					
Du 12 au 30	.....	76	66¾.		Moyenne de 17 observations.
Mai.					
Du 1 au 7	.....	82½	68¾	.....	20 observ.
Jusqu'au 31	.....	81¾	72½	Sud. . .	112
Juin.					
Du 1er. au 3	.....	80	74½	Nord.	7
Du 3 au 7	.....	78¾	82½	Nord.	19
Du 7 au 15	.....	79½	77¾	N. et S.	25
Du 27 au 29	.....	79½	82¾	Sud-Est.	20
30.	.....	79	89	Nord.	Grande pluie ; la rivière hausse beaucoup.
Juillet.					
1	8 matin.	79	87½	Sud-Est.	Il a beaucoup plu, et la rivière est débordée.
2	8 matin.	76¾	88	Nord.	Il a continué de pleuvoir avec quelques tonnerres.
	9 soir.	78	91½	*idem.*	Il a plu par intervalles ; la rivière baisse un peu.
3	1 soir.	80½	83	Nord.	Il n'a plu que peu.
10	2 soir.	90½	70	*idem.*	Le ciel est serein.
11	6 matin.	83	78	Sud.	Il a plu de temps en temps.
16	6 soir.	80	80	S.-E. et N.	De même.

693. Plusieurs de ces observations ne peuvent pas être calculées par la TABLE IX; c'est déjà le cas dans celle du 6 mars, où la

température étant à 84°, l'*hygromètre* étoit à 53°; car ce dernier point correspond au 23e. *terme;* et la *température* étant de 29° au-dessus de 55, c'est 6 *termes* au-delà de la TABLE. La différence est bien plus grande le 10e. juillet, où la *température* étant à 90 ½, soit 35 ½ *degrés* au-dessus de 55, l'*hygromètre* étoit à 70, qui n'est que le 14e. *terme* de la TABLE; par où cette observation l'excède de passé 21 *termes*. C'est là un des motifs qui me firent desirer de prolonger cette TABLE, d'après quelque fondement au moins probable; mais les *séries* originelles, considérées séparément, ne m'en fournissoient aucun moyen qui pût me satisfaire; sachant que leurs *inflexions* provenoient de la nature même des causes, et ayant en perspective d'autres phénomènes, qui m'avertissoient de ne pas compter sur les *marches* prises dans de petites étendues, pour les prolonger bien au-delà. Ainsi, par exemple, dans un cas qui dépend de la marche des *maxima* de la *vapeur* par diverses *températures*, savoir, les différences de la *chaleur* de l'*eau bouillante* sous différentes *pressions*, mes expériences m'avoient conduit à une *loi régulière*, qui s'est vérifiée jusqu'à la hauteur du *Mont-Blanc;* mais lorsque M. WATT poussa ces

expériences plus loin, dans un tube barométrique (§. 160), il vit changer sensiblement la *loi*. Or, s'il y a de l'incertitude dans cette détermination de la *marche* des *maxima*, faite avec beaucoup de soin dans les deux suites d'expériences, où il s'agissoit d'un même phénomène de la *vapeur*, indépendant de l'*hygromètre*, il y auroit bien moins de sûreté à prolonger celles des *parties aliquotes*, qui dépendent de la *marche* de cet instrument.

694. Cette dernière considération, indépendamment de l'idée d'une prolongation de ma TABLE, et en vue seulement d'une plus grande connoissance de la nature des *loix physiques*, m'engagea à chercher dans cette TABLE, qui représentoit l'ensemble de mes expériences, si les mêmes *parties aliquotes* de tout *maximum* de la *vapeur*, étoient exactement les mêmes *degrés d'humidité*; ou s'il n'arrivoit point de changement à cet égard, procédant des différentes quantités de *feu latent* dans la *vapeur* plus ou moins *dense*, comme j'ai montré au §. 169, qu'elles influent sur les rapports des degrés de *chaleur* de l'*eau bouillante* avec les *pressions*. Dans ce plan il falloit chercher si, après avoir trouvé à quelles *parties aliquotes* d'un

certain *maximum* de *vapeur* correspondoient des points fixes sur l'*hygromètre*, tels que les points également distans, 100, 75, 50 et 25, on les trouveroit correspondre aux mêmes *parties aliquotes* de tout *maximum*. Par exemple, le plus grand *maximum* que fournit la TABLE IX, est 6,46 *grains* d'eau en *vapeur* dans 1 *pied cube* d'air, par la *température* 55. Si la marche de l'*hygromètre* étoit proportionnelle aux quantités d'eau en *vapeur*, prenant les *parties aliquotes* $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ de cette quantité, qui sont 4,847, 3,230 et 1,615 *grains*, la TABLE devroit nous fournir ces quantités pour les points 75, 50 et 25 de l'*hygromètre* par la même *température*; or, on trouve 4,750, 3,180 et 1,767; quantités peu différentes des premières, et qui présentent un certain rapport entre l'*humidité* et la quantité d'*eau* en *vapeur* par la *température* 55°.

695. Il s'agit donc de savoir si, en prenant d'autres *maxima* (que la TABLE peut nous fournir à toute *température*), leurs mêmes *parties aliquotes* conserveront le même rapport avec celles de l'*hygromètre*, ou si elles suivront une *marche* particulière dépendante de quelque modification de la *vapeur*. La TABLE XI présente les résultats de cette recherche. Sa *col.* I indique les *températures* pour

pour lesquelles j'ai cherché les *maxima* suivant la règle indiquée au §. 681, et ces *maxima* sont placés dans la *col.* II. Chacune des trois autres colonnes correspondantes aux points 75, 50 et 25 de l'*hygromètre*, est divisée en trois parties semblables. Sous le n°. I, sont placées les *parties aliquotes* des *maxima;* sous le n°. II, les quantités fournies par la TABLE IX; et sous le n°. III, les *différences* de ces deux *quantités* correspondantes, exprimées en 1000es. parties de la première.

696. J'ai déjà fait remarquer plusieurs fois, que les mêmes *points* de l'*hygromètre*, soit les mêmes *degrés d'expansion* de sa substance, sont nécessairement produits par une même *quantité d'eau :* si donc, en diverses circonstances, il ne s'y emploie pas les mêmes *parties aliquotes* du *maximum* de la *vapeur*, la différence procède de quelque modification particulière à celle-ci. Or, nous voyons dans cette TABLE XI, qu'à mesure que le *maximum* devient une quantité plus petite, les quantités de la *vapeur* qui s'emploient à tenir l'*hygromètre* aux mêmes points, deviennent plus grandes que les *parties aliquotes* correspondantes à ces points.

697. Nous trouvons donc ici par l'HYGROMÈTRE (et c'est une nouvelle confirmation

de l'exactitude des principes de cet instrument) la modification particulière de la *vapeur* dont j'ai fait mention au §. 146, d'après les expériences de M. Watt, et qui a été déjà appliqué au §. 169 : c'est qu'à mesure qu'elle devient plus *rare*, elle contient proportionnellement plus de *feu latent*. La conséquence qui en résulte ici, est celle-ci : que le *feu* de la *vapeur* dispute plus alors son *eau* à la substance hygroscopique, et qu'ainsi il faut une quantité de *vapeur* plus grande que la *partie aliquote* du *maximum* qui correspond au point de l'*hygromètre*, pour lui fournir l'*eau* qui le tient à ce point. Nous voyons même cet effet sous deux formes dans la Table XI; la première est celle que je viens d'indiquer; la seconde se remarque en suivant, pour chaque *maximum*, de division en division par les points 75, 50 et 25 de l'*hygromètre*, les rapports des quantités d'*eau* qu'il a reçues, avec les *parties aliquotes* correspondantes à ces points; car on voit croître l'excès, à mesure que les *parties aliquotes* deviennent plus petites, et qu'ainsi la *vapeur* devient plus *rare* dans la même *température*. Nous sommes donc arrivés à une théorie bien sûre des rapports de la *vapeur aqueuse* avec l'hygromètre,

puisque les irrégularités inhérentes à la marche de l'instrument n'empêchent pas qu'on y trouve des indices de tous les effets découlans de la nature des *causes physiques* sur lesquelles se fonde cette théorie.

698. Tel fut le principal but pour lequel je formai cette Table; mais j'examinai ensuite s'il ne seroit pas possible d'en tirer quelque parti pour prolonger la Table IX. J'y avois sous les yeux des *séries* correspondantes aux points 100, 75, 50 et 25 de l'*hygromètre;* séries qui indiquoient les quantités d'*eau* à ces points, par la suite des *températures* de 5 en 5 degrés du *thermomètre;* mais il s'agissoit de savoir si ces *séries* présentoient quelque marche régulière, susceptible d'être prolongée avec probabilité; et pour cela il falloit les suivre dans leurs *secondes différences*, où se manifestent les *loix*, quand il en règne de régulières; et c'est ce que je cherchai par la Table XII. Cette Table est divisée en 4 parties, pour les points 100, 75, 50 et 25 de l'*hygromètre;* et chaque division a 4 *colonnes*, destinées aux mêmes objets, suivant les 4 cas. Dans la *col.* I, les *températures* sont répétées de division en division; dans

la *col.* II sont les quantités d'*eau* qui tiennent l'*hygromètre* aux mêmes points par les diverses *températures;* dans la *col.* III, sont les *différences* de ces quantités; et dans la *col.* IV, les *secondes différences.*

699. On voit dans cette TABLE le phénomène général, que les *premières différences* décroissent de terme en terme, par l'abaissement du thermomètre de 5 en 5 degrés; que le décroissement est le plus rapide à l'égard des *maxima*, et qu'il va en diminuant, à mesure que les *parties aliquotes* deviennent moindres; ce qui, sans les *anomalies*, pourroit conduire à découvrir la marche de l'augmentation du *feu latent* à mesure que la *vapeur* devient plus *rare*. Mais ces *anomalies* se manifestent dans les *secondes différences*, où se trouve une grande irrégularité : cependant elles sont utiles pour caractériser la cause principale que je leur ai assignée, savoir, la *friction* entre les *molécules* de la substance. Il est de la nature de cette cause, que les *anomalies* soient les moindres au point 100, où la substance de l'*hygromètre* étant plus pénétrée d'*eau*, ses molécules peuvent mieux obéir à leurs tendances et aux causes extérieures; et qu'inversement elles

soient plus grandes au point 25. Or, c'est ce qu'on voit en comparant les irrégularités dans les colonnes respectives des *secondes différences.*

700. Je ne vis donc que les *maxima*, qui, plus réguliers dans leur marche, pussent me fournir quelque prise pour une extension de la TABLE IX. Cependant il se manifeste une *inflexion* dans leurs *différences;* elles *croissent* d'abord sensiblement, puis elles *décroissent;* et cependant j'avois en perspective une nouvelle *inflexion* considérable, d'après des expériences de M. WATT, où il a trouvé que la *densité* de la *vapeur* de l'*eau bouillante* est beaucoup plus grande, proportionnellement à la température, que dans le rapport qui résulteroit de la prolongation de la *série* d'après les *différences* de ses *termes* les plus élevés; car, à la hauteur 29,5 pouces anglois du baromètre, la *pesanteur spécifique* de la *vapeur* est à celle de l'*air* qui lui fait alors équilibre, comme 4 à 9.

701. D'après toutes ces considérations je me suis déterminé à prolonger la *série* des *maxima*, de 55 à 85 du thermomètre, en employant la *seconde différence* 0,02, entre

50 et 55 ; ce qui m'auroit suffi pour les observations en *Bengale ;* mais ayant besoin de deux pas de plus pour la nouvelle comparaison de mes résultats avec ceux de M. DE SAUSSURE, j'ai commencé à faire croître les *secondes différences*, en vue de l'expérience de M. WATT. Voici l'exécution de ce plan.

THERMOMÈTRE.	*MAXIMA* d'eau en *vapeur*, en *grains* dans 1 pied cube d'air.	PREMIÈRE différence.	SECONDE différence.
50	5.68	0.78	
55	6.46	0.80	0.02
60	7.26	0.82	0.02
65	8.08	0.84	0.02
70	8.92	0.86	0.02
75	9.78	0.88	0.02
80	10.66	0.90	0.02
85	11.56	0.93	0.03
90	12.49	0.97	0.04
95	13.46		

702. C'est d'après cette *série*, en l'interpolant, que j'ai formé le SUPPLÉMENT *de la* TABLE IX, placé à côté de cette TABLE. Les deux premières *colonnes* de celle-ci y sont prolongées ; les *températures* continuent

dans la Ire. *colonne ;* mais dans la IIe. les *nombres* croissent dans le sens inverse : les quantités d'*eau* sont dans la IIIe. et leurs *différences* dans la IVe. Je ferai voir l'usage de cet arrangement, en reprenant les questions *atmométriques* dont j'ai traité ci-devant, et les appliquant à l'une des observations de mon fils par la plus grande quantité de *vapeur*, c'est celle du 10 juillet, où le *therm.* étant à 90 $\frac{1}{2}$, l'*hygromètre* étoit à 70.

703. La première chose à chercher ici, est la quantité d'*eau* en *vapeur* qui se trouvoit alors dans l'air. Le point 70 de l'*hygromètre* correspond environ au *terme* 13 $\frac{1}{2}$ de la TABLE, ce qui indique le nombre des *degrés* dont le *thermomètre* pourroit être au-dessus de 55, sans qu'on fût obligé d'avoir recours au SUPPLÉMENT, c'est-à-dire de 13 $\frac{1}{2}$; mais il étoit de 35 $\frac{1}{2}$ *degrés* au-dessus de ce point, et il reste ainsi 22 *degrés* auxquels la TABLE ne pourvoit pas. Il faut donc chercher dans la *col.* II du SUPPLÉMENT, le 22e. *terme*, et là on trouve que la quantité d'*eau* étoit 10,13 *grains* dans 1 *pied cube* d'air. Or il est déjà remarquable que ce fut par un *jour serein*, que la quantité de *vapeur* se trouvoit là plus grande, et qu'il y en ait eu

moins dans presque toutes les observations où la *pluie* se trouve indiquée.

704. La QUESTION III, résolue au §. 681, nous dirige dans la recherche du point auquel la *température* auroit dû baisser alors, pour que ces 10,13 *grains* devinssent le *maximum* à la nouvelle *température*. Le point 70 de l'*hygromètre* correspondant au *terme* 13 ½ de la TABLE, la *température* auroit dû baisser de 13 ½ degrés, pour l'amener à 100 ; ainsi le *thermomètre* auroit baissé de 90 ½ à 77. Telle se trouvoit donc, durant la *saison pluvieuse* de ce pays-là, la circonstance la plus favorable à une *précipitation d'eau* par *refroidissement*. L'*hygromètre* auroit été à 100, la *température* à 77, et la quantité de l'*eau* en *vapeur*, dont une partie auroit dû se *précipiter* au moindre *refroidissement*, étoit 10, 13 *grains* dans un *pied cube* d'air ; voyons donc quel sera le rapport de la *quantité* précipitée avec les changemens de *température*.

705. La règle, pour ce calcul, résultante de la solution de la QUESTION IV, se trouve au §. 684. Pour savoir, par exemple, combien le *thermomètre* auroit dû baisser, pour qu'il se précipitât 3 grains d'*eau* de chaque *pied*

cube d'air (ce qui n'est rien pour une *pluie continue*), il faut chercher dans le SUPPLÉMENT de la table la quantité 7,13 *grains* (ou approchant) et voir dans sa *col.* I, la *température* à laquelle cette quantité correspond; car 7,13 sera le *maximum* à cette *température* : or on trouve que le *therm.* auroit dû baisser à 59 ; température qu'on ne voit dans aucune de ces observations. Si l'on vouloit qu'il se précipitât encore 3 grains d'eau, cherchant dans la TABLE le nombre 4,13 (ou à-peu-près) on trouveroit que la *chaleur* devroit alors baisser à 40 ; température inconnue dans ces contrées. Ainsi, toute source de *pluie* provenante de l'*eau évaporée* dans l'air, se trouve évidemment exclue, tandis que par la durée de la *pluie*, les rivières étoient débordées dans tout le *Bengale*.

706. Avant que d'en venir à la conclusion générale de ces expériences, je vais donner la nouvelle preuve que j'ai annoncée de la certitude de leurs principes, dans une seconde comparaison de leurs résultats avec ceux qu'a déterminés M. DE SAUSSURE, et pour laquelle j'avois aussi besoin de l'extension donnée à la TABLE IX. J'ai déjà comparé nos résultats immédiats, quant au *maxi-*

mum d'évaporation, à deux *temperatures* différentes; mais il s'agira maintenant de la *marche* générale des *maxima* par les changemens de la *température;* marche que M. de Saussure a conclue aussi de l'ensemble de ses expériences, faites avec un *hygromètre* bien différent du mien. Il est donc intéressant de comparer nos déterminations; parce que si elles s'accordent malgré la différence des instrumens, ce sera la preuve d'une telle constance dans les modifications de la *vapeur aqueuse*, qu'on les trouve toujours les mêmes, par quelque moyen qu'on emploie pour les déterminer, pourvu qu'on y apporte l'attention et les lumières qu'exigent toutes les recherches de la physique expérimentale.

707. Quand M. de Saussure vint à considérer ses expériences sous ce point de vue, il y trouva le même entrelacement d'effets que j'avois remarqué en suivant la marche de son *hygromètre* dans mes premiers appareils; et n'espérant pas, vu leur petit nombre, et quelques suppositions qu'il avoit aussi été obligé de faire pour completter leurs suites, de découvrir la marche exacte de ces effets, il se contenta de donner une idée de la méthode qu'on pourroit suivre dans cette recherche, quand on auroit des expériences

plus complettes. Pour cet effet il saisit une apparence de *loi régulière* qu'il crut appercevoir dans les effets de la *chaleur* sur l'*hygromètre*, à chacun de ses *points*, c'est-à-dire à chaque *degré d'humidité;* il lui parut, dis-je, que les quantités d'*eau* qui tenoient l'*hygromètre* au même point, suivoient une *progression géométrique*, par la *progression arithmétique* des degrés du *thermomètre*. D'après cette remarque, comparant ses deux suites d'expériences faites à différentes *températures*, il chercha l'*exposant* que devroit avoir cette *progression géométrique*, suivant les points de l'*hygromètre*. Dans cette recherche il trouva, comme cela m'est arrivé, une *inflexion* dans les rapports; mais il ne crut pas devoir s'y arrêter, ne comptant pas sur une régularité suffisante de ses *données*, et il se fixa à un *exposant moyen*, conclu de ceux qu'il avoit trouvés immédiatement.

708. S'étant donc fait cette règle, M. DE SAUSSURE partit d'une interpolation de celle de ses deux suites d'expériences qui avoit été directement portée le plus loin, faite à la *température* + 15,16 de son échelle; et il en fit la base de la TABLE qui termine le second de ses *Essais*. Cette TABLE est com-

posée de 9 *colonnes*, correspondantes aux *températures* dans l'étendue de — 10 à + 30, prises de 5 en 5 degrés de son échelle; et les termes de ces *colonnes*, sur les mêmes lignes, sont autant de différentes quantités de *vapeur* correspondantes aux mêmes points de *l'hygromètre* par ces différentes *températures :* ces points sont indiqués dans une colonne séparée; ils embrassent l'étendue de 40 à 98, et sont comptés de 5 en 5 degrés jusqu'à 95, le point 98 étant celui des *maxima*. La *col.* correspondante à la *température* + 15, contient les *poids* des *vapeurs* conclus de son expérience pour ces points de l'*hygromètre*, et les autres *colonnes* sont formées de celle-là, d'après la *progression géométrique* déterminée.

709. La comparaison que j'ai en vue ne peut avoir lieu que pour la *série* des *maxima;* car les autres séries dépendent de la marche de son *hygromètre*, très-différente de celle du mien. Ici j'ai à regretter à deux égards, que M. DE SAUSSURE n'eût pas pris assez de confiance dans ses *données* pour les suivre exactement. La première conséquence qui en est résultée, c'est qu'en fixant le *maximum* fondamental pour la *temp.* + 15, il le prit de 11,069 *grains*, qui avoient été sa

première détermination : négligeant ainsi une remarque qu'il indique au §. 127, d'après laquelle il avoit réduit cette quantité à dix grains (§. 125 de cet ouvrage). Tous ses *maxima* se trouvant donc trop grands dans le rapport de 11,069 à 10 ; j'ai dû, en formant la TABLE XIII, dans laquelle je compare mes *maxima* aux siens, diminuer les derniers dans cette proportion, pour me conformer à sa propre remarque.

710. En formant cette TABLE de comparaisons, j'ai employé, quant à la réduction de mes résultats aux mêmes termes que ceux de M. DE SAUSSURE, les rapports déjà fixés aux §§. 640 et suivans. Voici en quoi consiste la TABLE. Sa *col.* I contient les *températures* pour lesquelles M. DE SAUSSURE a fixé les *maxima*. J'ai placé dans la *col.* II, les *températures* correspondantes sur l'échelle de *Fahrenheit* ; dans la *colonne* III, les *maxima* de la TABLE de M. DE SAUSSURE, réduits dans le rapport de 11,069 à 10 ; et dans la *col.* IV, les *maxima* pour les mêmes *températures*, conclus de ma TABLE IX et de son *Supplément*, et réduits aux termes de ceux-là, c'est-à-dire aux poids et mesure de France.

711. On trouvera sans doute déjà bien de

la conformité entre ces résultats, mais il y en a davantage dans les expériences même, et c'est ici ma seconde raison de regretter que M. DE SAUSSURE n'eût pas pris assez de confiance en ses *données*, pour les suivre exactement. Il se laissa d'abord entraîner par l'apparence d'une *loi régulière*, à une *progression géométrique;* quoiqu'il lui trouvât divers *exposans* suivant les points de l'*hygromètre :* n'aspirant pas à l'exactitude, il les réduisit, pour plus de simplicité, à un *exposant* moyen, et ce fut ainsi qu'il calcula sa TABLE. Il appliqua donc cet *exposant moyen* au point 98 de son *hygromètre*, commun à tous les *maxima*, comme à tous les autres points. Or, il est résulté de quelque combinaison dans cet arrangement arbitraire, que malgré la réduction que j'ai faite de ses termes dans le rapport de 11, 069 à 10, on trouve encore 6,98 *grains* pour le *maximum* correspondant à la *température* + 5, tandis que dans son expérience immédiate, même à la température + 6,2, il n'avoit trouvé que 5,7 *grains;* quantité que j'ai montré au §. 541, être exactement d'accord avec mes expériences. Or, c'est à ce point et dans ses environs, que nos résultats paroissent différer le plus dans la TABLE XIII. Cet exemple

confirme la remarque par laquelle j'ai commencé cette Partie ; que dans la recherche des *marches* des *effets physiques*, il faut éviter de se laisser trop entraîner par l'apparence de *loix régulières*, et suivre plutôt une marche *empirique*, quoique moins élégante, pour rester plus près des *données*, qui seules peuvent nous conduire aux *causes*.

712. D'après cette comparaison, dans ses termes réels (en rétablissant ce que M. DE SAUSSURE avoit négligé par défiance de ses propres soins) on voit quelle constance règne, tant dans les modifications de la *vapeur* considérée en elle-même, que dans ses rapports avec l'*humidité*, c'est-à-dire avec la *marche* d'un *hygromètre* connu, quel qu'il soit; et combien M. DE SAUSSURE avoit approché de leur détermination exacte, quoique dans les premières des expériences de ce genre. Aussi ces expériences furent-elles d'abord admirées par les physiciens; et ce n'est que depuis la publication de mes *Idées sur la Météorologie*, après qu'on eut vu leurs conséquences à l'égard de la *cause* de la *pluie*, contraire à la nouvelle théorie chymique, qu'on leur a refusé le rang qu'elles doivent occuper en physique. J'avois déjà conclu de ces expériences, que je viens de

confirmer d'une manière indubitable, que la *vapeur aqueuse* s'élevant continuellement dans l'atmosphère, devoit s'y transformer en *air*, puisqu'on ne l'y retrouve jamais qu'en si petite quantité; et que puisque cependant il n'y avoit d'autre fluide *pondérable* dans l'atmosphère que l'*air atmosphérique*, la *pluie* devoit être produite par sa *décomposition*. C'est cette conclusion qui s'est opposée à la nouvelle théorie chymique; parce que dans cette *théorie*, en supposant dans l'atmosphère deux *airs* distincts au lieu d'un, l'*air atmosphérique*, et faisant de l'un des deux, le *gaz oxigène*, une partie de l'*eau*, il ne pouvoit s'y former l'*eau* de la *pluie*, sans le concours de son autre partie supposée, l'*hydrogène*, qui ne s'y trouve pas sensiblement.

713. M. DE FOURCROY tenta le premier de soustraire la nouvelle théorie chymique à cette conséquence, en écartant l'HYGROMÈTRE; et il a pu s'applaudir de son succès, puisque tant de physiciens ont admis dès-lors son hypothèse, sans qu'il en donnât aucune preuve. L'AIR ABSORBE L'EAU ET LA DISSOUT, dit-il, dans son petit ouvrage intitulé : *Vérités fondamentales de la Chymie moderne*. On crut que c'étoit simplement la répétition de la

la théorie de M. Le Roy, qui étoit encore admise par quelques physiciens inattentifs, et que M. Lavoisier avoit reprise dans ses *Elémens de Chymie*; mais M. de Fourcroy y ajouta : « Cette *solution* est *sèche* et in-
» visible comme l'air; elle suit la raison de
» la *température* de l'atmosphère. L'hygro-
» mètre *n'indique pas* exactement *cette eau;*
» il *n'est point affecté* par une *solution com-*
» *plette* de l'*eau dans l'air;* il ne se *meut*
» qu'en proportion de l'*eau qui va se dis-*
» *soudre*, et principalement par celle *qui*
» *est précipitée* ». Je ne répéterai pas ici ce que j'ai exposé dans la IIe. Partie, pour prouver que cette assertion étoit contraire aux faits, et inutile à son but; ce n'étoit-là encore que l'introduction aux preuves plus directes que j'en ai données, en rétablissant les théories de l'hygrologie et de l'hygrométrie, et montrant ensuite la certitude des expériences de M. de Saussure, déjà répandues dans ce temps-là. Je veux donc seulement rappeler les objections vagues qu'on faisoit contre ces expériences, d'après l'hypothèse de M. de Fourcroy; objections que j'ai mentionnées au commencement de la VIe. Partie, comme ayant contribué à diriger mes nouvelles expériences, renvoyant ici à montrer

plus particulièrement comment je les ai prévenues.

714. M. DE SAUSSURE, disoit-on d'abord, n'avoit une grande *sécheresse* certaine dans son vase, que durant l'action du *sel-de-tartre;* car immédiatement après l'avoir enlevé, il procédoit à faire évaporer de l'eau dans un vase. Si après avoir fait cesser la cause de *sécheresse*, il eût conservé quelque temps l'appareil dans le même état, lui laissant subir les variations de la *chaleur*, peut-être s'y seroit-il manifesté une nouvelle *humidité*. Voilà qui étoit bien *gratuit*, et cependant je ne voulus pas qu'on pût l'objecter à mes expériences. On peut voir dans la TABLE I, que l'HYGROMÈTRE s'étant tenu à 0 dans mon appareil, depuis le 1er. jusqu'au 17 août 1795, j'en séparai le vase à *chaux*. Dans cette opération il se logea quelque part un peu d'*humidité*, de sorte que le 1er. septembre, l'*hygromètre* se trouva à 0,6. Je partis alors de *Windsor*, et n'y revins que le 11 octobre. Durant ces 6 semaines, l'appareil avoit subi les vicissitudes de la *chaleur* et de la *lumière*, et un changement sensible de saison; cependant je retrouvai l'*hygromètre* au même point : ainsi cette première objection est entièrement exclue.

715. Peut-être, disoit-on encore, M. DE SAUSSURE n'avoit-il pas mis assez d'intervalle entre les *évaporations* des différentes quantités d'*eau* dans son vase; elles se succédèrent en un même jour, et M. DE FOURCROY dit que l'HYGROMÈTRE en ce cas n'est *affecté* que par l'*eau qui va se dissoudre*, de sorte qu'il falloit sans doute plus de temps pour qu'elle fût *dissoute*. C'étoit encore-là une objection bien *gratuite;* cependant je ne la négligeai pas. Je mis donc toujours d'assez longs intervalles entre les *évaporations* successives des *grains d'eau;* je vais en indiquer quelques-uns, à divers degrés d'*humidité* dans l'appareil, où les observations ont été comparées entre elles à la *température* 60, comme on peut le voir dans la TABLE.

Première suite d'expériences.

5 *grains* d'eau.	15 déc.	*Hygr.* 69,9.	Après	17 *j.*	69,8.
6 *grains*	5 janv.	83,6.		19	83,4.

Seconde suite.

5 *grains*	15 nov.	43,9.	5	43,9.
6 *grains*	22 déc.	82,0.	8	81,6.
7 *grains*	15 janv.	95,1.	28	95,3.

Ainsi cette seconde objection est aussi entièrement écartée.

716. On avoit de plus oublié en faisant

l'hypothèse dont il s'agit, et sur-tout dans les objections qu'elle avoit occasionnées contre les expériences de M. DE SAUSSURE, qu'il avoit dans son vase un *manomètre*, et qu'à chaque augmentation de la quantité d'*eau évaporée*, cet instrument montroit, par l'augmentation de la quantité de *fluide expansible*, que l'*hygromètre* étoit affecté par l'*eau* sous cette forme. Je n'avois pas pu loger un *manomètre* dans mon vase ; mais voici un phénomène qui le suppléera. J'avois résolu de garder plus long-temps mon appareil dans la dernière période, avec 7e. grain d'*eau*, mais j'en fus empêché en remarquant un jour que la bandelette de *baleine* étoit tellement couverte de *mucor*, qu'elle ressembloit à ces fils frangés qu'on nomme *chenille*. Je craignis pour mon *hygromètre*, et je n'attendis que le moment où la *température* seroit arrivée à 63°, pour ouvrir le vase. C'étoit à ce point que je devois observer de nouveau l'*humidité ;* parce qu'ici, dans la table I, le point 60 est conclu par estimation, comme je l'ai expliqué au §. 656. — Dès que l'observation fut faite, et tout étant préparé pour ouvrir le vase, me hâtant de le faire, je négligeai, quand la cire fut ramollie autour de la valve, de commencer à la soulever,

comme j'avois coutume de le faire, pour qu'elle ne résistât pas quand je prenois sa baguette pour l'enlever avec tous les instrumens. J'avois aussi appliqué le cercle de laiton un peu chaud, pour délivrer plutôt le pauvre prisonnier; et tout-à-coup je vis la valve s'élever avec tout son attirail d'instrumens, laissant entre elle et l'ouverture du vase, un ruban circulaire rouge, en forme de lanterne chinoise. La valve s'étoit déjà élevée verticalement de plus d'un pouce, lorsque je fus frappé de l'idée qu'il alloit se faire une explosion par quelque endroit plus foible de la cire, et que tout l'équipage retombant, les instrumens ou le vase pourroient en souffrir. Tout cela fut instantané dans mon esprit; ma main fut à la baguette, et l'*explosion* se fit. Je séparai aussitôt l'*hygromètre*, et le plongeant dans l'eau, j'y brossai la bandelette avec un petit pinceau très-souple : il se fixa à 100, ainsi il n'avoit pas encore été endommagé.

717. Voilà donc une preuve finale tant de l'*imperméabilité* de l'appareil durant toute l'expérience, que de la permanence de la *vapeur* dans le premier état où elle avoit été produite. Ces 7 grains d'*eau* avoient été successivement *évaporés* dans l'espace de passé

5 mois ; et la *vapeur*, conservant toute son *expansibilité*, étoit enfin arrivée au point d'*humidité* qui produit la *moisissure* sur les substances animales et végétales. Cependant elle étoit demeurée dans son état de *fluide expansible*. Je ne crois donc pas qu'on ait jamais réfuté plus complettement une hypothèse *gratuite*, que ne l'est ici celle de M. DE FOURCROY ; car on ne prend pas communément tant de peine pour les hypothèses de ce genre, elles tombent d'elles-mêmes ; et celle-ci seroit tombée, si elle n'eût été placée sous la sauve-garde de la nouvelle théorie chymique, qui en avoit besoin pour lui servir d'appui. On ne peut pas même toujours opposer des *faits* aux hypothèses *gratuites*, parce que d'ordinaire l'imagination les forme sur des objets où rien encore n'est connu. Mais l'hypothèse dont il s'agit fut imaginée malgré des *faits* connus par des expériences de M. DE SAUSSURE, qui se trouvent maintenant confirmées de manière à en écarter tout doute.

718. C'est ainsi qu'est rétablie sur une base inébranlable, la *théorie hygrométrique* dont l'Académie de Berlin avoit jugé, et avec elle tous les physiciens attentifs (quoique d'opinions différentes à son sujet), que si elle se

maintenoit contre toute objection, la *nouvelle théorie chymique* ne pourroit *exister à côté d'elle*. J'ai donc accompli ma tâche à cet égard, et c'est maintenant aux physiciens de juger. Ce qui me reste à exposer relativement à la question de l'Académie, savoir; d'après quels *principes physiques* on peut autoriser l'idée, tant d'une transformation de la *vapeur aqueuse* en *air*, que du retour de l'*air* en cette *vapeur* pour produire les *nuages* et la *pluie*, est indépendant de ce premier objet; car on peut souvent démontrer que les choses *ne sont pas* ce qu'on les suppose, sans pouvoir expliquer *ce qu'elles sont*. Cependant je ne suis pas ici dans ce dernier cas, du moins quant aux *principes physiques;* sujet très-important dans toute la *physique terrestre*, et auquel je destine le reste de cet ouvrage.

TABLE I.

Expériences sur les quantités d'eau évaporée contenue dans l'air, par différens degrés de l'hygromètre et du thermomètre, faites dans un vase clos, où les quantités d'eau successivement évaporées, étoient égales à 1 grain anglois d'eau, dans un espace de 1 pied cube anglois.

EXPÉRIENCE I.

Dates.	Heures.	Therm.	Hygrom.	Therm., 50. Points de l'hygr.	Therm., 50. Effets successifs des grains.	Therm., 55. Points de l'hygr.	Therm., 55. Effets successifs des grains.	Therm., 60. Points de l'hygr.	Therm., 60. Effets successifs des grains.
1795.									
Août.			*Avec la chaux.*						
1	10h. m. ..	*Avec la ch.*	0.0						
17	11 m.		0.0						
Septemb.			*Oté la chaux.*						
1	11.10 m.		0.6						
Octobre.									
10	7.20 m.		0.7						
11	9 — m.		0.7	0.7		0.7		0.7	
	Laissé échapper 1 grain d'eau.				14.4		14.1		15.3
27	7.30 m.	50	15.1						
	8. 5	55	14.8	15.1		14.8		14.0	
	11.30	60	14.0						
Novemb.			2e *grain.*		14.6		13.7		13.5
7	7.25 m.	50	29.7						
	9.15	55	28.8						
	12. 0	60	27.5	29.7		28.5		27.5	
	7. 8 s.	55	28.2						
8	7. 0 m.	50	29.7						
			3e *grain.*						
21	4.50 s.	50	52.0		22.2		19.4		15.9
22	9.33 m.	50	52.0						
	0.15 s.	55	48.6						
	2. 0	60	43.4	51.9		47.9		43.4	
	6. 0	55	47.2						
23	9. 0 m.	50	51.8						
			4e *grain.*		24.7		18.1		13.4
29	0.10 s.	50	76.6						
	3.45	55	66.5						
	4.19	60	56.8	76.6		66.0		56.8	
	4.52	55	65.5						
30	9. 0 m.	50	76.5						
Décemb.			5e *grain.*		14.0		14.3		13.0
15	3.33 s.	60	69.9						
30	9.20 m.	50	90.7						
	11.42	55	81.0						
	[illegible] s.	60	69.8	90.6		8[illegible] 3.		69 8	
	4.13	55	79.6						
	8. 0	50	9[illegible].5						
1796.									
Janvier.			6e *grain.*						
5	2. 0 s.	60	83.6						
24	9.28 m.	50	96.9	Eau déposée.					13.6
	1[illegible].33	55	91.3						
	1.54 s.	60	83.4					83 4	
	11.30	55	9[illegible].1	Eau déposée.					
25	7.20 m.	50	96 9						

EXPÉRIENCE II.

Dates.	Heures.	Therm.	Hygrom.	Therm., 50. Points de l'hygr.	Therm., 50. Effets successifs des grains.	Therm., 55. Points de l'hygr.	Therm., 55. Effets successifs des grains.	Therm., 60. Points de l'hygr.	Therm., 60. Effets successifs des grains.
1786.									
Octobre.			*Avec la chaux.*						
28	. . . .		0.1						
Novemb.			*Oté la chaux.*						
6	. . . .		0.1	0.1		01.		0.1	
	Laissé échapper 1 grain d'eau.				15.9		15.0		14.6
9	9.— m.	50	16.0						
	11.15	55	15.1	16.0		15.1		17.7	
	2.— s.	60	14.7						
			2e *grain.*		14.9		13.9		12.7
13	9.15 m.	50	30.9						
	10.45	55	29 4						
	2.55 s.	60	27.4	30.9		29.0		27.4	
	5.15	55	28.6						
14	9.30 m.	50	31.0						
			3e *grain.*						
15	11. 0 m.	60	43.9		21.2				
							18.4		16.5
20	8. 0 m.	50	52.2						
	0.30 s.	55	48.3						
	3.30	60	43.9	52.1		47.4		43.9	
	6.30	55	46.4						
21	9.55 m.	50	52.0						
			4e *grain.*		21.9		15.6		11.9
27	12 0	50	74.0						
	0.50 s.	55	64.8						
	3.10	60	55.8	74.0		63.0		55.8	
	8.30	55	61.2						
28	9.30	50	74.0						
Décemb.			5e *grain.*		15.8		14.7		12.0
19	9.15 m.	50	89.8						
	11.40	55	79.6						
	1 40 s.	60	67.8	89.8		77.7		67.8	
	6. 7	55	75 7						
20	9. 3 m.	50	89 8						
			6e *grain.*						
22	2.30 s.	60	82.0						
							15.3		13.8
30	8.30 m.	50	98.4	Eau déposée.					
	10.15	55	93 0						
	1.45	60	81.6			93.0		81.6	
	6 30	55	93.0						
31	8. 0 m.	50	98.4	Eau déposée.					13.5
1797.									
Janvier.			7e *grain*						
15	. . . .	60	95.1					95.1	
Février.									
12	. . . .	60	95.5						



TABLE III.

Effets, sur l'hygromètre, de l'évaporation successivement répétée de 1 grain d'eau dans 1 pied cube d'air, par la température 55° de Fahrenheit.

I. Quantités d'eau en grains.	II. Points de l'hygr.	III. Effets de chaque grain sur l'hygr.	IV. Quantités moyennes d'eau pour 1 deg. de l'hygrom. dans chaque intervalle.
0	0.0		
		14.5	0.069
1	14.5		
		13.8	0.072
2	28.3		
		18.9	0.053
3	47.2		
		16.9	0.059
4	64.1		
		14.5	0.069
5	78.6		
		15.3	0.065
6	93.8		

TABLE II.

Résultats combinés de deux expériences, sur la marche de l'hygromètre par l'évaporation successive de quantités d'eau, chacune dans le rapport de 1 grain anglois, dans un espace de 1 pied cube anglois, à partir de la sécheresse extrême, et par les températures 50, 55 et 60 *de Fahrenheit.*

I. Grains d'eau successifs.	II. Quantités d'eau en grains.	THERMOMÈTRE, 50. Expériences.	I. Effets moyens de chaque gr.	II. Points moy. successifs de l'hygr.	THERMOMÈTRE, 55. Expér.	I. Effets moyens de chaque gr.	II. Points moy. successifs de l'hygr.	THERMOMÈTRE, 60. Expér.	I. Effets moyens de chaque gr.	II. Points moy. successifs de l'hygr.
1er.		1re. 14.4	15.2		14.1	14.5		13.3	13.9	
		2e. 15.9			15.0			14.6		
	1			15.2			14.5			13.9
2e.		1re. 14.6	14.7		13.7	13.8		13.5	13.1	
		2e. 14.9			13.9			12.7		
	2			29.9			28.3			27.0
3e.		1re. 22.2	21.7		19.4	18.9		15.9	16.2	
		2e. 21.2			18.4			16.5		
	3			51.6			47.2			43.2
4e.		1re. 24.7	23.3		18.1	16.9		13.4	12.6	
		2e. 21.9			15.6			11.9		
	4			74.9			64.1			55.8
5e.		1re. 14.0	14.9		14.3	14.5		13.0	12.5	
		2e. 15.8			14.7			12.0		
	5			89.8			78.6			68.3
6e.		2e.				15.3			13.8	
	6						93.9			82.1
7e.									13.5	
	7	2e.								95.6

TABLE V.

Effets produits sur l'hygromètre, à ses différens points, par l'évaporation successive de l'eau de grain *en* grain *dans* 1 *pied cube d'air, à la température* 55°. *de Fahrenheit, par les changemens de* 5° *au-dessus et au-dessous de ce point.*

Grains d'eau.	I. Diff. des effets du changem. de 5° au-dessous 55°.	II. Effets de la dimin. de la chaleur de 55 à 50.	III. Points de l'hygr. par la temp. 50.	IV. Points de l'hygr. par la temp. 55.	V. Points de l'hygr. par la temp. 60.	VI. Effets de l'augm. de la chaleur de 55 à 60.	VII. Diff. des effets du changem. de 5° au-dessus de 55.
1		+0.7	15.2	14.5	13.9	−0.6	
	0.9						0.7
2		+1.6	29.9	28.3	27.0	−1.3	
	2.8						2.7
3		+4.4	51.6	47.2	43.2	−4.0	
	6.4						4.3
4		+10.8	74.9	64.1	55.8	−8.3	
	0.4						2.0
5		+11.2	89.8	78.6	68.3	−10.3	
		+28.7				−24.2	
6				93.9	82.1	−11.8	

TABLE VI.

Distinction des intervalles de l'échelle de l'hygromètre où l'effet de la chaleur a été observé, d'avec ceux où il n'a pas été observé.

Points observés sur l'hygromètre par différentes températures.	Différences de température dans quelques observations de l'hygromèt. avec les mêmes quantit. d'eau.	Différences produites sur l'hygromètre par la différence de la températ., soit intervalles observés.	Intervalles de l'échelle de l'hygromètre où l'effet de la diff. de temp. n'a pas été observé.
I.	II.	III.	IV.
13.9			
	5°	0.6	
14.5			
	5°	0.7	
15.2			
	.	.	11.8
27.0			
	5°	1.3	
28.3			
	5°	1.6	
29.9			
	.	.	13.3
43.2			
	5°	4.0	
47.2			
	5°	4.4	
51.6			
	.	.	4.2
55.8			
	5°	8.3	
64.1			
	5°	10.8	
74.9			
	.	.	3.7
78.6			
	5°	11.2	
89.8			
	.	.	4.1
93.9			

TABLE IV.

Quantités d'eau évaporée dans 1 *pied cube d'air, correspondantes à tous les degrés de l'hygromètre, par la température* 55°. *de Fahrenheit.*

I. Degrés de l'hygr.	II. Quantités d'eau en grains.	III. Différences des quantités.
0	0.00	0.06
1	0.06	0.07
2	0.13	0.07
3	0.20	0.07
4	0.27	0.07
5	0.34	0.07
6	0.41	0.07
7	0.48	0.07
8	0.55	0 07
9	0.62	0.07
10	0 69	0.07
11	0.76	0.07
12	0.83	0.07
13	0 90	0.07
14	0.97	0.07
15	1.04	0.07
16	1.11	0.07
17	1.18	0.08
18	1.26	0.07
19	1.33	0.08
20	1.41	0.07
21	1.48	0.08
22	1.56	0.07
23	1.63	0.07
24	1.70	0.07
25	1.77	0.07
26	1.84	0.07
27	1.91	0.07
28	1.98	0.07
29	2.05	0.07
30	2.12	0.07

I.	II.	III.
31	2.19	0.07
32	2.26	0.06
33	2.32	0.06
34	2.38	0.05
35	2.43	0.05
36	2 48	0.04
37	2.52	0.04
38	2.56	0.04
39	2.60	0.05
40	2.65	0.05
41	2.70	0.05
42	2.75	0.05
43	2.80	0.05
44	2.85	0.05
45	2.90	0.05
46	2.95	0.05
47	3.00	0.05
48	3.05	0.05
49	3.10	0.05
50	3.15	0.05
51	3.20	0.05
52	3.25	0.05
53	3.30	0.05
54	3.35	0.05
55	3.40	0.05
56	3.45	0.06
57	3.51	0.06
58	3.57	0.06
59	3.63	0.06
60	3.69	0.07
61	3.76	0.07
62	3.83	0.06
63	3.89	0.07
64	3.96	0.07
65	4.03	0.08

I.	II.	III.
	1	
66	4.18	0.07
67	4.15	0.07
68	4.25	0.08
69	4.3	0.07
70	4 40	0.07
71	4.47	0.07
72	4.54	0.07
73	4.61	0.07
74	4.68	0.07
75	4.75	0.07
76	4.82	0.06
77	4.88	0.07
78	4.95	0.07
79	5.02	0.07
80	5.09	0.07
81	5.16	0.07
82	5.23	0.07
83	5.30	0.07
84	5.37	0.07
85	5.44	0.07
86	5.51	0.07
87	5.58	0.07
88	5.65	0.06
89	5.71	0.06
90	5.77	0.07
91	5.84	0.06
92	5 90	0.06
93	5.96	0.07
94	6.03	0.07
95	6.10	0.07
96	6.17	0.07
97	6.24	0.07
98	6.31	0.07
99	6.38	0.08
100	6.46	

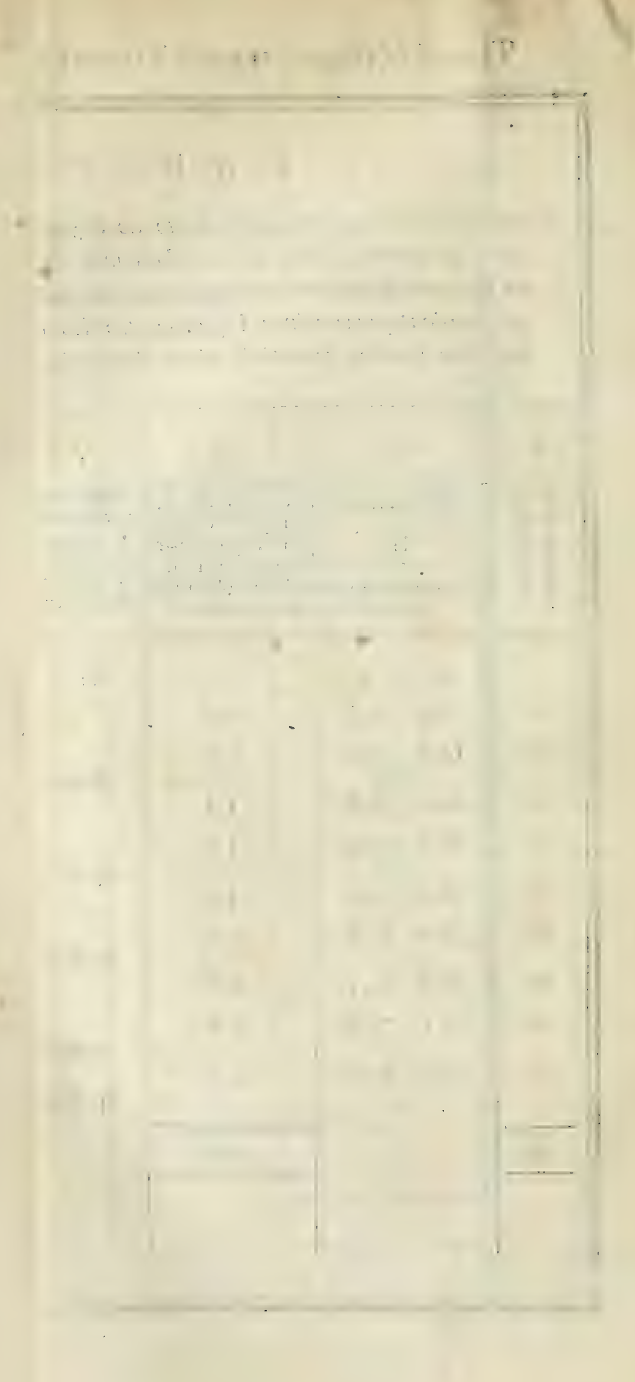


TABLE VIII.

Effets produits sur l'hygromètre, à chacun de ses degrés de 100 *à* 13, *par le premier changement de* 1 *degré de Fahrenheit dans la température.*

I. Degr. de l'hygr.	II. Effets de 1 degré de Fahr	III. Différ.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
100	2.300	0.002	70	2.006	0.017	41	0.482	0.023
99	2.298	0.003	69	1.989	0.018	40	0.459	0.020
98	2.295	0.003	68	1.971	0.018	39	0.439	0.018
97	2.292	0.004	67	1.953	0.018	38	0.421	0.018
96	2.288	0.004	66	1.935	0.019	37	0.403	0.016
95	2.284	0.004	65	1.916	0.019	36	0.387	0.016
94	2.280	0.005	64	1.897	0.020	35	0.371	0.015
93	2.275	0.005	63	1.878	0.020	34	0.356	0.015
92	2.270	0.006	62	1.858	0.025	33	0.341	0.015
91	2.264	0.006	61	1.833	0.030	32	0.326	0.015
90	2.258	0.007	60	1.803	0.040	31	0.311	0.014
89	2.251	0.008	59	1.763	0.050	30	0.297	0.014
88	2.243	0.010	58	1.710	0.060	29	0.283	0.014
87	2.234	0.010	57	1.653	0.070	28	0.269	0.014
86	2.224	0.010	56	1.583	0.080	27	0.255	0.013
85	2.214	0.011	55	1.503	0.085	26	0.242	0.013
84	2.203	0.011	54	1.418	0.090	25	0.229	0.012
83	2.192	0.012	53	1.328	0.095	24	0.217	0.012
82	2.180	0.012	52	1.233	0.100	23	0.205	0.012
81	2.168	0.013	51	1.133	0.110	22	0.193	0.011
80	2.155	0.013	50	1.023	0.120	21	0.182	0.011
79	2.142	0.013	49	0.903	0.100	20	0.171	0.011
78	2.129	0.014	48	0.803	0.085	19	0.160	0.010
77	2.115	0.015	47	0.718	0.070	18	0.150	0.010
76	2.100	0.015	46	0.648	0.050	17	0.140	0.010
75	2.085	0.015	45	0.598	0.033	16	0.130	0.010
74	2.070	0.016	44	0.565	0.030	15	0.120	0.010
73	2.054	0.016	43	0.535	0.028	14	0.110	0.010
72	2.038	0.016	42	0.507	0.025	13	0.100	
71	2.022	0.016						

TABLE VII.

Distinction des espaces de l'échelle de l'hygromètre, où, par les mêmes quantités d'eau évaporée, l'effet de la chaleur a été observé, d'avec ceux où il n'a pas été observé. Essai de détermination des quantités de changement dans la chaleur qui feroient parcourir à l'hygromètre les divers espaces non observés, toujours avec les mêmes quantités d'eau évaporée.

I. Variations de la chaleur.	II. Mouvemens de l'hygromètre.		III. Nombre des degr. compris dans les divers espaces que l'hygr. a parcourus par des différ. observées de la chaleur.	IV. Désignation des parties de l'échelle de l'hygrom. où l'effet des diff. de la chaleur n'a pas été observé.		V. Nombre des degr. compris dans les divers espaces où l'effet des diff. de la chaleur n'a pas été observé.	VI. Prem. détermination des nombres de degr. dont le therm. devroit varier, pour faire parcourir à l'hygr. les espaces non observés sur son échelle.
	de	à		de	à		
5°	13.9	14.5	0.6				
5°	14.5	15.2	0.7				
				15.2	27.0	11.8	65.6
5°	27.0	28.3	1.3				
5°	28.3	29.9	1.6				
				29.9	43.2	13.3	30.0
5°	43.2	47.2	4.0				
5°	47.2	51.6	4.4				
				51.6	55.8	4.2	4.2
5°	55.8	64.1	8.3				
5°	64.1	74.9	10.8				
				74.9	78.6	3.7	1.7
5°	78.6	89.8	11.2				
				89.8	100.0	10.2	4.5
45			42.9			43.2	106.0
							1e. Col. 45.
							151

TABLE X.

Application de la TABLE IX *aux expériences qui lui servent de fondement.*

I. Grains d'eau dans 1 pied cube d'air.	II. Tempér. des observ.	III. Points observés de l'hygrom.	IV. Termes de la TABLE corresp. à ces points.	V. Calcul des observ. par la TABLE.	VI. Différence du calcul aux quantités réelles.
1	50	15.2	146	1.01	+ 0.01
1	55	14.5	152	1.01	+ 0.01
1	60	13.9	157	1.00	0.
2	50	29.9	69	2.01	+ 0.01
2	55	28.3	74	2.00	0.
2	60	27.0	80	2.00	0.
3	50	51.6	25	2.99	— 0.01
3	55	47.2	29	3.00	0.
3	60	43.2	35	2.96	— 0.04
4	50	74.9	12	4.01	+ 0.01
4	55	64.1	17	3.97	— 0.03
4	60	55.8	22	4.02	+ 0.02
5	50	89.8	5	5.00	0.
5	55	78.6	10	4.99	— 0.01
5	60	68.5	15	5.00	0.
6	55	93.9	3	6.03	+ 0.03
6	60	82.1	8	5.99	— 0.01
7	60	95.6	2	6.98	— 0.02

TABLE XI.

TABLE IX.

Quantités d'eau évaporée, en grains anglais, dans un espace de 1 pied cube anglais, indiquées par les observations conjointes de l'hygromètre et du thermomètre de Fahrenheit; pour les cas où le thermomètre n'est pas au-dessus de 95. l'hygromètre n'étant pas au-dessus de 40; et pour tous les cas où le thermomètre est au-dessous de 95, l'hygromètre n'étant que proportionnellement plus haut.

I. [illegible]	II. [illegible]	III. [illegible] termes [illegible] par la table VIII.	IV. Quant. d'eau en grains par la tab. IV.	V. Differ.
55	0	100.000	6.46	
		[illegible]		0.17
54	1	97.700	6.29	
		[illegible]		0.16
53	2	[illegible]	6.13	
		[illegible]		0.15
52	3	[illegible]	5.98	
		[illegible]		0.15
51	4	[illegible]	5.83	
		[illegible]		0.15
50	5	[illegible]	5.68	
		[illegible]		0.15
49	6	[illegible]	5.53	
		[illegible]		0.15
48	7	[illegible]	5.38	
		[illegible]		0.16
47	8	[illegible]	5.22	
		[illegible]		0.15
46	9	[illegible]	[illegible]	
		[illegible]		0.15
45	10	[illegible]	[illegible]	
		[illegible]		0.14
44	11	[illegible]	4.78	
		[illegible]		0.15
43	12	[illegible]	4.63	
		[illegible]		0.14
42	13	71.283	4.49	
		[illegible]		0.14
41	14	[illegible]	4.35	
		1.993		0.15
40	15	67.265	[illegible]	
		1.958		0.15
39	16	[illegible]	[illegible]	
		1.925		0.13
38	17	63.382	3.92	
		1.885		0.13
37	18	61.497	3.79	
		[illegible]		0.12
36	19	59.651	3.67	
		1.789		0.11
35	20	57.863	3.56	
		[illegible]		0.10
34	21	56.108	3.46	
		[illegible]		0.08
33	22	54.561	3.38	
		[illegible]		0.08
32	23	53.098	3.30	
		[illegible]		0.06
31	24	51.761	3.24	
		[illegible]		0.06
30	25	[illegible]	3.18	
		[illegible]		0.06
29	26	49.468	3.12	
		0.959		0.04
28	27	48.509	3.08	
		0.853		0.05
27	28	47.656	3.03	
		0.774		0.04
26	29	46.882	2.99	

I.	II.	III.	IV.	V.
26	29	[illegible]	2.99	
		[illegible]		0.03
25	30	[illegible]	2.96	
		[illegible]		0.03
24	31	[illegible]	2.93	
		[illegible]		[illegible]
23	32	[illegible]	2.89	
		[illegible]		0.03
22	33	[illegible]	2.86	
		[illegible]		0.02
21	34	[illegible]	2.84	
		[illegible]		0.03
20	35	[illegible]	2.81	
		[illegible]		0.03
19	36	[illegible]	2.78	
		[illegible]		0.03
18	37	[illegible]	2.75	
		[illegible]		0.02
17	38	[illegible]	2.73	
		0.497		0.03
16	39	41.091	2.70	
		[illegible]		0.02
15	40	[illegible]	2.68	
		[illegible]		0.02
14	41	[illegible]	2.66	
		[illegible]		0.03
13	42	[illegible]	2.63	
		[illegible]		0.02
12	43	[illegible]	2.61	
		[illegible]		0.02
11	44	38.777	2.59	
		0.435		0.02
10	45	38.342	2.57	
		0.427		0.01
9	46	37.915	2.56	
		0.419		0.02
8	47	37.496	2.54	
		0.412		0.02
7	48	37.084	2.52	
		0.405		0.01
6	49	36.679	2.51	
		0.398		0.02
5	50	36.281	2.49	
		0.392		0.02
4	51	35.889	2.47	
		0.385		0.01
3	52	35.504	2.46	
		0.379		0.02
2	53	35.125	2.44	
		[illegible]		0.02
1	54	[illegible]	2.42	
		0.367		0.03
0	55	34.385	2.40	
		0.362		0.02
−1	56	34.023	2.38	
		0.356		0.02
−2	57	33.667	2.36	
		0.351		0.02
−3	58	33.316	2.34	
		0.346		0.02
−4	59	32.970	2.32	
		0.341		0.02
−5	60	32.629	2.30	
		0.335		0.02
−6	61	32.294		

I.	II.	III.	IV.	V.
−6	61	32.294	[illegible]	
		[illegible]		0.02
−7	62	[illegible]	2.26	
		[illegible]		0.03
−8	63	31.639	2.23	
		[illegible]		0.02
−9	64	31.319	2.21	
		[illegible]		0.02
−10	65	[illegible]	2.19	
		0.311		0.02
−11	66	30.693	2.17	
		[illegible]		0.02
−12	67	30.386	2.15	
		[illegible]		0.02
−13	68	[illegible]	2.13	
		0.298		0.02
−14	69	29.786	2.11	
		0.294		0.03
−15	70	29.492	2.08	
		[illegible]		0.02
−16	71	[illegible]	2.06	
		[illegible]		0.02
−17	72	28.916	2.04	
		[illegible]		0.02
−18	73	28.634	2.02	
		0.278		0.02
−19	74	28.356	2.00	
		0.274		0.01
−20	75	28.082	1.99	
		0.270		0.02
−21	76	27.812	1.97	
		0.266		0.02
−22	77	27.546	1.95	
		0.263		0.02
−23	78	27.283	1.93	
		0.259		0.02
−24	79	27.024	1.91	
		0.255		0.02
−25	80	26.769	1.89	
		0.252		0.01
−26	81	26.517	1.88	
		0.249		0.02
−27	82	26.268	1.86	
		0.245		0.02
−28	83	26.023	1.84	
		0.242		0.02
−29	84	25.781	1.82	
		0.239		0.01
−30	85	25.542	1.81	
		0.236		0.02
−31	86	25.306	1.79	
		0.233		0.01
−32	87	25.073	1.78	
		0.230		0.02
−33	88	24.843	1.76	
		0.227		0.02
−34	89	24.616	1.74	
		0.224		0.01
−35	90	24.392	1.73	
		[illegible]		0.02
−36	91	[illegible]	1.71	
		[illegible]		0.01
−37	92	[illegible]	1.70	
		[illegible]		0.02
−38	93	[illegible]	1.68	

I	II	III.	IV.	V.
−38	93	23.735	1.68	
		0.214		0.01
−39	94	23.521	1.67	
		0.211		0.02
−40	95	23.310	1.65	
		[illegible]		0.01
−41	96	23.101	1.64	
		[illegible]		0.02
−42	97	22.895	1.62	
		[illegible]		0.01
−43	98	22.691	1.61	
		0.201		0.02
−44	99	22.490	1.59	
		0.199		0.01
−45	100	22.291	1.58	
		0.196		0.01
−46	101	22.095	1.57	
		0.194		0.02
−47	102	21.901	1.55	
		0.192		0.01
−48	103	21.709	1.54	
		0.190		0.02
−49	104	21.519	1.52	
		0.188		0.01
−50	105	21.331	1.51	
		0.186		0.02
−51	106	21.145	1.49	
		0.184		0.01
−52	107	20.961	1.48	
		0.182		0.02
−53	108	20.779	1.46	
		0.180		0.01
−54	109	20.599	1.45	
		0.178		0.01
−55	110	20.421	1.44	
		0.176		0.01
−56	111	20.245	1.43	
		0.174		0.02
−57	112	20.071	1.41	
		0.172		0.01
−58	113	19.899	1.40	
		0.170		0.01
−59	114	19.729	1.39	
		0.168		0.02
−60	115	19.561	1.37	
		0.166		0.01
−61	116	19.395	1.36	
		0.164		0.01
−62	117	19.231	1.35	
		0.163		0.01
−63	118	19.068	1.34	
		0.161		0.02
−64	119	18.907	1.32	
		0.159		0.01
−65	120	18.748	1.31	
		0.157		0.01
−66	121	18.591	1.30	
		0.156		0.01
−67	122	18.435	1.29	
		0.154		0.01
−68	123	18.281	1.28	
		0.153		0.01
−69	124	18.128	1.27	
		0.151		0.01
−70	125	17.977		

I	II.	III.	IV.	V.
−70	125	17.977	1.26	
		0.150		0.01
−71	126	17.827	1.25	
		0.148		0.02
−72	127	17.679	1.23	
		0.147		0.01
−73	128	17.532	1.22	
		0.145		0.01
−74	129	17.387	1.21	
		0.144		0.01
−75	130	17.243	1.20	
		0.142		0.01
−76	131	17.101	1.19	
		0.141		0.01
−77	132	16.960	1.18	
		0.140		0.01
−78	133	16.820	1.17	
		0.138		0.01
−79	134	16.682	1.16	
		0.137		0.01
−80	135	16.545	1.15	
		0.135		0.01
−81	136	16.410	1.14	
		0.134		0.01
−82	137	16.276	1.13	
		0.133		0.01
−83	138	16.143	1.12	
		0.131		0.01
−84	139	16.012	1.11	
		0.130		0.01
−85	140	15.882	1.10	
		0.129		0.01
−86	141	15.753	1.09	
		0.128		0.01
−87	142	15.625	1.08	
		0.126		0.01
−88	143	15.499	1.07	
		0.125		0.00
−89	144	15.374	1.07	
		0.124		0.01
−90	145	15.250	1.06	
		0.123		0.01
−91	146	15.127	1.05	
		0.121		0.01
−92	147	15.006	1.04	
		0.120		0.01
−93	148	14.886	1.03	
		0.119		0.01
−94	149	14.767	1.02	
		0.118		0.00
−95	150	14.649	1.02	
		0.116		0.01
−96	151	14.533	1.01	
		0.115		0.01
−97	152	14.418	1.00	
		0.114		0.01
−98	153	14.304	0.99	
		0.113		0.01
−99	154	14.191	0.98	
		0.112		0.00
−100	155	14.079	0.98	
		0.111		0.01
−101	156	13.968	0.97	
		0.110		0.01
−102	157	13.858	0.96	

SUPPLÉMENT À LA TABLE IX.

Pour les maxima d'eau évaporée par des temp. au-dessus de 55; et pour servir au calcul des cas où le th. étant au-dessus de 55°, l'hygr. est trop haut pour cette Table.

Degrés du therm.	Nombr. des termes.	Quantit. d'eau évapor.	Differ.
55	0	6.46	
			0.17
56	1	6.63	
			0.16
57	2	6.79	
			0.17
58	3	6.96	
			0.16
59	4	7.12	
			0.16
60	5	7.28	
			0.16
61	6	7.44	
			0.17
62	7	7.61	
			0.16
63	8	7.77	
			0.17
64	9	7.94	
			0.16
65	10	8.10	
			0.17
66	11	8.27	
			0.16
67	12	8.43	
			[illegible]
68	13	[illegible]	
			0.17
69	14	8.77	
			0.17
70	15	8.94	
			0.17
71	16	9.11	
			0.17
72	17	9.28	
			0.17
73	18	9.45	
			0.17
74	19	9.62	
			0.17
75	20	9.79	
			0.17
76	21	9.96	
			0.17
77	22	10.13	
			0.18
78	23	10.31	
			0.17
79	24	10.48	
			0.18
80	25	10.66	
			0.18
81	26	10.84	
			0.18
82	27	11.02	
			0.18
83	28	11.20	
			0.18
84	29	11.38	
			0.18
85	30	11.56	
			0.18
86	31	11.74	
			0.18
87	32	11.92	
			0.19
88	33	12.11	
			0.19
89	34	12.30	
			0.19
90	35	12.49	
			0.19
91	36	12.67	
			0.19
92	37	12.86	
			0.20
93	38	13.06	
			0.20
94	39	13.26	
			0.20
95	40	13.46	
			0.21
96	41	13.67	
			0.21
97	42	13.87	
			0.22
98	43	14.09	

TABLE XI.

Rapports des quantités d'eau évaporée qui tiennent l'hygromètre aux mêmes points, *avec des* parties aliquotes *constantes des* maxima.

TEMPÉR.	HYGR., 100.	HYGROMÈTRE, 75.			HYGROMÈTRE, 50.			HYGROMÈTRE, 25.		
Sur le Thermom. de *Fahr.*	*Maxima* d'eau évapor. en gra. *Grains* dans un pied cube d'air.	I. $\frac{75}{100}$ des *maxima.*	II. Quantités par la TABLE.	III. Différ. en 1000e. de la col. I.	I. $\frac{50}{100}$ des *maxima.*	II. Quantités par la TABLE.	III. Différ. en 1000e de la col. I.	I. $\frac{25}{100}$ des *maxima.*	II. Quantités par la TABLE.	III. Différ. en 1000e. de la col. I.
55	6.46	4.847	4.750	— 20	3.230	3.180	— 15	1.615	1.797	+ 94
50	5.68	4.260	4.024	55	2.840	2.943	+ 37	1.420	1.687	188
45	4.92	3.690	3.444	67	2.460	2.795	136	1.230	1.617	315
40	4.20	3.150	3.112	12	2.100	2.670	271	1.150	1.547	345
35	3.56	2.670	2.914	+ 91	1.790	2.570	436	0.890	1.467	648
30	3.18	2.385	2.774	163	1.590	2.480	560	0.795	1.407	770
25	2.96	2.220	2.654	196	1.480	2.390	615	0.740	1.347	861
20	2.81	2.107	2.675	222	1.405	2.290	630	0.702	1.287	833
15	2.68	2.010	2.475	231	1.340	2.180	627	0.670	1.227	831
10	2.57	1.927	2.375	232	1.285	2.070	611	0.642	1.177	831
5	2.49	1.867	2.275	219	1.245	1.960	574	0.622	1.127	812
0	2.40	1.800	2.165	203	1.200	1.885	571	0.600	1.077	783

TABLE XII.

Tentative de recherche d'une loi des maxima *d'eau évaporée et de leurs* parties aliquotes *aux points* 75, 50 *et* 25 *de l'*hygromètre.

HYGROMÈTRE, 100.				HYGROMÈTRE, 75.				HYGROMÈTRE, 50.				HYGROMÈTRE, 25.			
I. Tempéra-tures.	II. Quantités d'eau.	III. Première différ.	IV. Seconde différ.	I. Tempéra-tures.	II. Quantités d'eau.	III. Première différ.	IV. Seconde différ.	I. Tempéra-tures.	II. Quantités d'eau.	III. Première différ.	IV. Seconde différ.	I. Tempéra-tures.	II. Quantités d'eau.	III. Première différ.	IV. Seconde différ.
55	6.46	0.78		55	4.75	0.73		55	3.18	0.24		55	1.77	0.08	
50	5.68	0.76	— 0.02	50	4.02	0.58	— 0.15	50	2.94	0.15	— 0.09	50	1.69	0.07	— 0.01
45	4.92	0.72	0.04	45	3.44	0.33	0.25	45	2.79	0.12	0.03	45	1.62	0.07	0.0
40	4.20	0.64	0.08	40	3.11	0.20	0.13	40	2.67	0.10	0.02	40	1.55	0.08	+ 0.01
35	3.56	0.38	0.26	35	2.91	0.14	0.06	35	2.57	0.09	0.01	35	1.47	0.06	— 0.02
30	3.18	0.22	0.16	30	2.77	0.12	0.02	30	2.48	0.09	0.0	30	1.41	0.06	0.0
25	2.96	0.15	0.07	25	2.65	0.08	0.04	25	2.39	0.10	+ 0.01	25	1.35	0.06	0.0
20	2.81	0.13	0.02	20	2.57	0.10	+ 0.02	20	2.29	0.11	0.01	20	1.29	0.06	0.0
15	2.68	0.11	0.02	15	2.47	0.10	0.0	15	2.18	0.11	0.0	15	1.23	0.05	— 0.01.
10	2.57	0.08	0.03	10	2.37	0.10	0.0	10	2.07	0.11	0.0	10	1.18	0.05	0.0
5	2.49	0.09	+ 0.01	5	2.27	0.11	0.01	5	1.96	0.08	— 0.03	5	1.13	0.05	0.0
0	2.40			0	2.16			0	1.88			0	1.08		

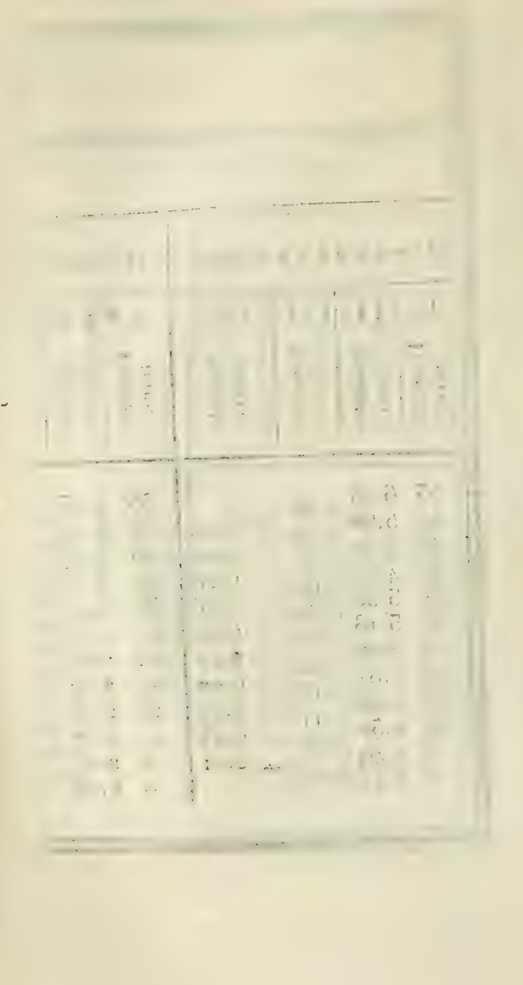


TABLE XIII.

Comparaison des résultats atmométriques de ce Chapitre, à ceux de M. DE SAUSSURE.

I. Températures sur son thermomètre.	II. Températures sur le therm. de Fahrenheit.	III. Quantité d'eau évap. suivant M. de Saussure.	IV. Quantité d'eau évap. suivant la table IX.
— 10	9.71	3.71	3.34
— 5	20.85	4.59	3.69
0	32.0	5.66	4.29
+ 5	43.14	6.98	5.99
+ 10	54.29	8.61	8.24
+ 15	65.43	10.62	10.62
+ 20	76.58	13.11	13.08
+ 25	87.72	16.17	15.68
+ 30	98.87	19.94	18.56

HUITIÈME PARTIE.

*Sur la seconde question de l'*ACADÉMIE DE BERLIN *, concernant l'opposition qui se trouve entre la* nouvelle Théorie chymique, *et mon* Système météorologique.

719. L'ACADÉMIE avoit d'abord proposé cette question dans son programme de la manière suivante : « Comment, en admettant » le système de M. de Luc, peut-on dé- » duire de *principes physiques* la *transfor-* » *mation* de la *vapeur aqueuse* en *air*, de » manière qu'il en résulte ensuite les *nuages* » et la *pluie ?* »

720. Si, pour que mon *système météorologique* pût se soutenir, il falloit nécessairement expliquer *comment* la *vapeur aqueuse* se transforme en *air* dans l'atmosphère ; ou si l'on pouvoit démontrer, comme M. ZYLIUS a entrepris de le faire, que cette transformation est *impossible ;* mon système devroit tomber. Mais si, au contraire, mon *système* est *démontré*, en même temps que les objections contre la *transformation* de la *vapeur aqueuse* en *air* n'ont aucun fondement, la

nouvelle théorie chymique doit tomber, sans que je sois obligé de répondre à cette question de l'Académie, qui alors devient seulement un *probléme* à la solution duquel, vu son importance, les physiciens doivent s'appliquer par des études météorologico-chymiques.

721. Il se présente donc ici trois objets distincts. 1. Les objections de M. ZYLIUS contre la transformation de la *vapeur aqueuse* en *air*. 2. La solidité de mon systême *hygrologico-météorologique*. 3. Les considérations *météorologico-chymiques* relatives à la transformation de la *vapeur aqueuse* en *air* dans l'atmosphère. Je me bornerai dans cette PARTIE aux deux premiers de ces objets.

CHAPITRE I.

Examen des objections de M. ZYLIUS *contre une transformation de la* VAPEUR AQUEUSE *en* AIR *dans l'atmosphère.*

722. Il est bien singulier que ce soit en *Allemagne* que je suis appelé à défendre mon *systéme météorologique*, tandis qu'il est évident que si ce *systéme* est solide, la *nouvelle théorie chymique* doit tomber. C'est ce que l'Académie de Berlin donnoit déjà pour motif de sa question dans son programme, et elle l'a répété dans son jugement du mémoire de M. ZYLIUS, acquiesçant à ce qu'il avoit établi de l'opposition formelle des deux théories. Voici les termes : « Le *systéme* de » M. DE LUC étoit-il fondé, ce *systéme* reposoit-il sur des bases solides, le *systéme* » *antiphlogistique* ne pouvoit subsister .... » L'Académie pouvoit-elle donc, dans l'état » actuel des connoissances chymiques, choisir un plus intéressant sujet de question ? »
J'ajouterai à cette considération évidente de l'Académie, qu'au moment où l'on tentoit de tout changer, pour une *hypothèse*,

dans le *langage* de la chymie et de la physique générale, il n'y avoit point de question plus importante que celle-là; je l'avois élevée depuis long-temps dans des ouvrages publiés en *France*; pourquoi donc les auteurs de la *nouvelle théorie chymique*, à qui il importoit principalement de l'examiner pour légitimer leurs *néologismes*, ne l'ont-ils jamais envisagée, ou du moins ont-ils gardé un silence absolu à son sujet? C'est un problème assez intéressant à résoudre. Mais il est heureux qu'ayant à répéter ici des choses que j'ai successivement exposées dans mes autres ouvrages, ce soit au moins pour répondre à des objections.

723. M. ZYLIUS commence dans son mémoire par l'exposition suivante de mon système météorologique, que je dois rapporter, parce que c'est d'après elle qu'il me fait des objections.

« Les *vapeurs* qui s'élèvent journellement
» dans l'atmosphère et s'y répandent en abon-
» dance, cessent finalement d'être percep-
» tibles à l'*hygromètre*, elles ont disparu
» pour lui; et comme dans les régions où
» s'est opérée leur disparition, nous ne trou-
» vons presque que l'*air*, nous devons en

» conclure, que ces *vapeurs* ont revêtu l'aggré-
» gation *aériforme*, c'est-à-dire, qu'elles
» ont été converties en *air-atmosphérique*.

» Nous connoissons ainsi la nature du *fluide*
» *expansible* dont nous sommes toujours en-
» vironnés, que nous respirons, et qui sert
» à tant d'autres opérations sur notre globe.
» Ce *fluide*, dans sa constitution première,
» est la *vapeur aqueuse*.... Mais cette *va-*
» *peur* n'a point de permanence.... La di-
» minution de la *chaleur* ou la *compression*
» la détruisent.... La raison de cette destruc-
» tibilité provient du peu d'intimité de com-
» binaison entre les *ingrédiens* de la *vapeur*:
» admettons une troisième *substance*, par
» elle-même *impondérable* pour *intermède*
» entre l'*eau* et le *feu*, qui opère une union
» plus intime de ces ingrédiens entre eux,
» et il naîtra un fluide expansible *permanent*...
» L'intervention de cette substance intermé-
» diaire, transforme ainsi la *vapeur* en *air*,
» et dans ce nouvel état, elle résiste à tous
» les changemens de *température* et à tous
» les degrés de *compression*, à moins
» qu'elle ne change de mode d'aggrégation.

» Ces propositions, combinées avec quel-
» ques autres qui ont chacune leurs preuves

» directes, conduisent à la théorie générale
» suivante : Que l'*eau* est la base *pondérable*,
» non seulement de l'*air atmosphérique*, mais
» de tous les *gaz* ; que le *feu* est leur *fluide*
» *déférent* commun ; et que le caractère spé-
» cifique de chaque *gaz* procède de la *subs-*
» *tance intermédiaire* qui jointe au *feu* et à
» l'*eau*, a procuré à la *vapeur aqueuse* l'état
» *aériforme*.

» Telle est l'histoire abrégée de l'*eau* qui
» s'élève dans l'atmosphère ; mais comment
» en redescend-elle ? Comment se forment
» les *nuages* et la *pluie* ? . . . . Il suffit de
» suivre la marche inverse. Ni les *nuages*,
» ni la *pluie* ne procèdent d'une *précipita-*
» *tion* de l'*eau* immédiatement montée dans
» l'atmosphère. . . . C'est l'*air atmosphérique*
» qui, lors de la formation de ces météores,
» subit une *décomposition* ». J'adopte cette
exposition de ma *théorie*, parce qu'à l'égard
des détails M. ZYLIUS y revient ensuite
lui-même, et je passe à ses objections.

724. En voici d'abord une générale, p. 84 :
« Cette théorie est si éloignée de la certitude
» qu'on s'en promettoit, que jusqu'ici on
» n'est pas même autorisé à la qualifier d'*hy-*
» *pothèse* ; car toutes les *conditions d'une*
» *hypothèse* lui manquent absolument. Nous

» formons une *hypothèse* quand nous con-
» cluons du *visible* à l'*invisible*, des phéno-
» mènes *connus* à leur cause *inconnue*, et
» lorsque ensuite, après avoir admis la *cause*,
» nous cherchons par elle à nous représenter,
» avec la *plus grande simplicité* et la *plus*
» *grande analogie* possibles, les *phénomènes*
» que nous supposons en résulter. Mais par-
» ler de *substances* qui n'*affectent* absolu-
» ment *aucun de nos sens*, et dont l'exis-
» tence est simplement un *besoin* pour *nos*
» *idées ;* les faire agir d'après des *loix* que
» l'*expérience* ne *fournit* pas, et que nous
» admettons *gratuitement* pour le *besoin de*
» *notre systême*, c'est mériter le reproche
» que KÆTSNER fait à certains physiciens,
» quand il les accuse de donner un *roman*,
» et non la *théorie* de la nature ». M. ZYLIUS
pose donc ici ce qu'il regarde comme les conditions nécessaires des *hypothèses* légitimes, et il prétend que ma *théorie*, loin d'être démontrée, n'a pas même ces conditions d'une *hypothèse* digne d'être considérée. Tel est le premier sujet d'examen.

725. M. ZYLIUS reproche essentiellement ici à ma *théorie*, d'admettre des *substances* qui n'*affectent* aucun *de nos sens*. Si je lui demandois pourquoi donc il admet un *fluide*

lumineux, un *fluide calorifique*, il me répondroit, sans doute, qu'il *voit* le premier et *sent* le dernier ; qu'ainsi celui-là *affecte* le *sens* de la vue, et celui-ci le *sens* du tact. Mais cette réponse auroit été une *pétition de principe* pour EULER et les autres partisans de l'hypothèse des *vibrations*, qui nioient l'existence de ces *fluides*, et prétendoient que les *sensations* nommées *lumière* et *couleurs*, procédoient de *vibrations* dans les corps *lucides*, transmises à l'organe de la vue par des *vibrations* excitées dans un certain *milieu;* et que la *chaleur* consistoit dans des *vibrations* des molécules des corps transmissibles des uns aux autres. Ces physiciens rejettoient donc le témoignage immédiat des *sens* quant à l'existence de *fluides* particuliers comme *lumineux* et *calorifiques*. Or comment a-t-on constaté leur *existence?* C'est par les *effets chymiques* que produisent la *lumière* et le *feu;* effets que les *vibrations* ne sauroient expliquer, et que des fluides *imperceptibles* par eux-mêmes à cause de leur *ténuité*, expliquent d'une manière *absolument analogue* à tout ce que nous voyons produire de même genre à des substances *perceptibles*, sans que la *ténuité* puisse y faire obstacle.

726. Pourquoi encore M. ZYLIUS admet-il ce qu'on nomme le *fluide électrique?* Certainement il n'*affecte* aucun *sens*; car nous ignorerions absolument son existence, sans la *divergence* des balles des *électroscopes;* mais ce *phénomène* est bien loin d'une manifestation du *fluide* lui-même, et sûrement ce n'est pas ce *fluide* qui affecte alors les *sens*. M. ZYLIUS diroit-il qu'on le *voit* dans ses *étincelles* et ses *aigrettes?* Mais ce qu'on y voit, c'est la *lumière* et non le *fluide électrique*, qui lui-même est *invisible*. Diroit-il encore que ce *fluide* produit l'*inflammation* des substances combustibles? Mais le *fluide* qui produit ces effets est le *feu*, et le *fluide électrique* lui-même, comme tel, n'est point *calorifique*. Nous ne pouvons donc encore conclure à l'existence d'un *fluide* particulier produisant les *effets* qu'on attribue à celui-là, qu'en les réunissant tous, et entr'autres les effets *chymiques* qu'il produit par ses *étincelles*.

727. Si je voulois entrer dans les détails de tout ce que j'ai établi à cet égard dans mes ouvrages de physique, et à quoi M. ZYLIUS ne paroît pas avoir fait attention, je pourrois citer ici bien d'autres substances *imperceptibles* par elles-mêmes, dont l'existence est

cependant admise, et j'y rangerois les *acides* et les alkalis; mais je me bornerai à cette conclusion générale : qu'il n'y a de *substances* qu'on puisse nommer *perceptibles* par elles-mêmes à nos *sens*, que celles qui sont *mesurables*, *pondérables*, ou immédiatement *résistantes;* ainsi l'argument de M. Zylius prouve *trop;* car il résulteroit qu'aucun phénomène physique ne seroit explicable, et à peine nos *sensations* elles-mêmes. Les fonctions de la physique consistent donc, comme M. Zylius le dit lui-même, à conclure du *visible* à l'*invisible*, à quoi j'ajouterai du *palpable* à l'*impalpable;* et ainsi des *effets* que nous voyons produits par des substances *visibles*, *tangibles*, *pondérables*, à des *effets* semblables produits par des substances trop tenues pour se manifester elles-mêmes par de tels caractères. C'est ainsi qu'en faisant usage des facultés de l'*entendement*, aussi réelles que celles des *sens*, on a admis comme *substances* existantes, la *lumière*, le *feu*, le *fluide électrique*, et même la *vapeur aqueuse*.

728. Ici je m'arrête encore pour examiner pourquoi M. Zylius admet l'existence du dernier de ces *fluides* dans l'atmosphère, car sûrement il ne l'a jamais *vu*. Ce n'est

pas parce qu'on *voit*, ou reconnoît par le *poids* la diminution d'une masse d'eau qui s'*évapore ;* car M. LE ROY, suivi par les auteurs de la *nouvelle théorie chymique*, regardoit l'*évaporation* comme une dissolution de l'*eau* par l'*air*. Ce n'est pas à cause de l'*évaporation* dans le *vide d'air*, puisque quelques physiciens l'ont expliquée en supposant une *répulsion* entre les particules de l'*eau*, dont l'effet n'étoit prévenu que par la pression de l'atmosphère. Ce n'est pas à cause de l'*humidité* observée dans l'*air*, puisque pour soustraire l'*eau* qui s'y trouve en grande abondance à l'indication de l'*hygromètre*, M. DE FOURCROY a imaginé une solution *sèche ;* et M. ZYLIUS lui-même, en admettant cette *vapeur*, a conçu que le *feu* et l'*eau* y étoient unis par affinité élective, tellement qu'elle ne pouvoit se communiquer à l'*hygromètre*. Ce ne pouvoit pas être enfin en assimilant le produit de l'*évaporation* ordinaire à la *vapeur* de l'*eau bouillante*, puisque M. LAVOISIER et M. FOURCROY ont nommé cette dernière un *gaz*, un *fluide aériforme*. Qu'est-ce donc qui a déterminé M. ZYLIUS à admettre la *vapeur aqueuse* dans l'atmosphère ? Il le dit lui-même à la page 81. « Autrefois on croyoit que l'*évaporation* ne

» pouvoit avoir lieu qu'à 212° de Fahrenheit;
» mais M. de Luc a rectifié nos idées sur ce
» point; nous savons maintenant que le *fluide*
» *expansible*, son produit, peut se former
» et subsister à tous les degrés de tempé-
» rature de l'air ». Or, sûrement ce n'est pas pour avoir rendu ce fluide *perceptible* lui-même à aucun des *sens*, que j'ai persuadé M. Zylius de son existence, c'est en montrant l'erreur des hypothèses par lesquelles on vouloit expliquer l'*évaporation* sans l'admettre, et en exposant des *phénomènes* qui ne peuvent être expliqués qu'en l'admettant.

729. Or, voilà sur quoi est fondée toute la physique. Les *phénomènes* sont des *effets* qui ont des *agens*; nous voyons plusieurs de ceux-ci en *action* par les yeux du corps, et nous observons des effets *analogues* dont les *agens* nous échappent. Certainement nos *yeux* corporels ni nos autres *sens* ne sont pas la mesure de l'*existence*, et quand nous découvrons des *effets* absolument *analogues* à ceux dont les *agens* frappent nos *sens*, quand, en suivant les règles rigoureuses de l'*analogie*, nous passons alors du *visible* à l'*invisible*, du *palpable* à l'*impalpable*, l'*entendement* est aussi satisfait que lorsque tout est *visible* et *palpable* dans les opérations de

la nature. BACON, qui avoit si profondément étudié les sources des erreurs sur la nature, et les moyens de les prévenir, revient souvent à la défiance qu'on doit avoir sur les jugemens qu'on ne porte que d'après les *sens*, et sur l'importance d'y joindre ceux de l'*entendement;* c'est tout le plan de son immortel ouvrage, le *Novum Organum*, dont il suffira de citer le passage suivant.

« Le plus grand obstacle qu'éprouve l'*en-*
» *tendement*, et la cause la plus fréquente
» de ses erreurs provient sans doute du dé-
» faut de *sensibilité*, de l'*incompétence* à
» divers égards, et des *illusions* des SENS;
» car les choses qui frappent *immédiatement*
» les SENS l'emportent sur celles qui ne les
» frappent pas, quoique les plus *puissantes;*
» de sorte que la contemplation de la na-
» ture finissant presque à ce qu'on *voit*, les
» choses *invisibles* deviennent rarement des
» objets d'attention. Ainsi les opérations des
» *fluides subtils* dans les corps *tangibles*, qui
» se trouvent cachées, n'entrent pour rien
» dans les considérations des hommes; et ils
» ignorent nombre de *changemens* qui ont
» lieu dans la *configuration* des parties des
» corps *tangibles;* changemens nommés com-
» munément *altérations*, parce qu'en effet

» ce sont des transports *très-imperceptibles* » de *particules*. Cependant si ces deux choses » ne sont pas *recherchées* et *manifestées*, il » n'y a *rien de grand à espérer* quant à l'imi- » tation de la nature dans ses opérations. » La nature de l'*air commun* et celle des » *substances* en grand nombre qui surpassent » la *ténuité* de l'*air*, sont presque entière- » ment inconnues. Les SENS, en effet, sont » *très-foibles* et sujets à l'*aberration*, et l'on » ne sauroit attendre de grands secours à cet » égard des aides qu'on peut leur fournir. » De sorte que toute *vraie interprétation de* » *la nature* doit provenir d'une collection de » *phénomènes* observés, et d'*expériences* » convenables et bien adaptées, où les SENS » ne jugent directement que de l'*expérience* » elle-même, et l'ENTENDEMENT de l'objet » auquel elle s'applique ». (*Précis*, etc. Tom. I, pag. 22).

730. Je me suis beaucoup arrêté à cette première objection de M. ZYLIUS, parce que depuis l'établissement de la *nouvelle théorie chymique*, le plus grand obstacle qui se présente aux progrès dans l'*interprétation de la nature*, est le préjugé que cette *théorie* a produit contre l'admission des *substances* qui n'*affectent* pas immédiatement les SENS;

et on les a écartées, parce qu'à l'exception du *calorique* ou du *feu*, selon la nomenclature des physiciens, on n'y a admis que des substances *pondérables :* or, que sont ces *substances* dans la *nouvelle théorie ?* Mettant à part les *terres*, elles sont toutes *hypothétiques :* ce sont des *bases acidifiables*, une substance *acidifiante* et une substance *aquéfiante*. Avec ce catalogue de *substances*, dont une seule est *impondérable*, et qu'on ne devroit pas même admettre, si l'on étoit conséquent, on explique *formulairement* quelques phénomènes particuliers, et l'on écarte l'examen des plus grands phénomènes de la nature.

731. Je viens à la seconde objection générale de M. Zylius. « Toute *hypothèse* admissible (dit-il, p. 84) doit avoir pour premier caractère, l'*analogie* avec des *faits* » connus, et avec quelque *loi* de la nature. » L'idée de M. de Luc, que la *vapeur aqueuse* » devient *permanente* par l'intervention d'une » *substance* qu'il suppose pour cet effet, n'est » justifiée par *aucune analogie dans la nature;* » car M. de Luc ne peut pas donner ses pro- » pres *idées* pour des *faits*. Par exemple, je » ne saurois envisager comme un *fait ana-* » *logue* l'idée qu'il propose sur la formation

de

» de l'*air vital*, cette idée qu'il faudroit » *établir par d'autres faits*. On ne conçoit » pas non plus qu'il prétende expliquer ré- » ciproquement l'une par l'autre la formation » de la *vapeur aqueuse* et celle de l'*air* » *vital* ». Pourquoi M. Zylius n'applique-t-il pas cette remarque à la *nouvelle théorie chymique*, où elle seroit très-fondée, et l'applique-t-il à mon système, où elle ne l'est point ? Dans cette théorie, on suppose des fluides *permanens* formés de la simple union du *feu* avec des substances hypothétiques, sans pouvoir donner un seul exemple de substance *connue* qui forme un tel *fluide* par sa simple union avec le *feu;* cette union forme des *vapeurs*, qui ne sont pas des fluides *permanens*. Tel est le *fait*, et c'est de-là qu'il faut partir. J'en pars donc, mais ce n'est qu'après avoir fait toutes les expériences et les observations nécessaires pour obtenir d'abord un *principe général*, qui est celui-ci. Il est une classe de *fluides expansibles* qui ne peuvent passer un certain degré de *densité* sans qu'il ne s'en *décompose* une partie, dont les substances *composantes* se manifestent alors par leurs propriétés distinctives. J'ai suivi les causes de ces *décompositions*, et j'ai trouvé qu'elles provenoient de ce que

les substances qui entroient dans la composition de ces *fluides* ne pouvoient rester réunies qu'autant que les particules composées demeuroient à une certaine distance entre elles, sans quoi elles cédoient à d'autres tendances; j'ai nommé ces *fluides* des *vapeurs*, par analogie à la *vapeur aqueuse*. Faisant ensuite le parallèle de la *vapeur aqueuse* avec les *fluides permanens* dans leurs propriétés communes et distinctives, j'ai trouvé que si quelque substance venoit s'unir à l'*eau* et au *feu* dans la *vapeur aqueuse*, il pourroit en résulter de nouvelles *affinités* entre les trois substances, ce qui feroit cesser les causes de *décomposition* par *trop* de *densité*. Telle est la marche que j'ai suivie, peut-elle être taxée de *cercle vicieux* comme le fait M. ZYLIUS ? A cet égard c'étoit une méprise.

732. Revenons donc à l'idée générale sur laquelle ma proposition est fondée ; c'est celle-ci : qu'une troisième substance intervenant dans une *composition* où il n'y en avoit d'abord que deux, il y naît des *affinités* qui n'existoient pas auparavant. Seroit-ce de cette proposition que M. ZYLIUS disoit qu'elle n'étoit *justifiée* par *aucune analogie dans la nature ?* Mais au contraire *tout* y est exemple de pareilles opérations. Com-

ment l'*eau*, qui seule ne s'unit pas aux substances *huileuses*, se combine-t-elle avec ces substances dans le *savon*, si ce n'est par l'*entremise* d'un *alkali ?* Comment dans les différens dissolvans, s'unit-elle avec tant de corps auxquels elle ne s'unit point seule, si ce n'est par l'*entremise* des *substances* qui, avec elle, forment les liquides nommés *menstrues ?* Comment se trouve-t-elle combinée dans les corps naturels, minéraux, végétaux, animaux, avec tant de *substances* auxquelles elle ne s'unit plus quand elle en a été séparée par des opérations chymiques, si ce n'est parce qu'on ne retrouve plus les substances *intermédiaires* qui aidoient à ces *combinaisons*, ou qu'il s'en est introduit d'autres qui les préviennent, ou enfin parce qu'on ne suit pas le même *ordre* dans les gradations de *nouvelles affinités ?*

733. Cette dernière remarque nous conduira plus avant dans les considérations relatives aux opérations de la nature sur notre globe, qui, quant au passé, concernent la *géologie*, et qui, aujourd'hui, constituent la *physique terrestre*. Quand le physicien attentif compare les produits tant *expansibles* que *fixes*, résultats de l'analyse chymique des *corps naturels*, il est frappé de voir

que des corps très-différens dans leurs apparences et leurs propriétés immédiates, et sur lesquels en particulier les *menstrues*, ou ce qu'on nomme les *réactifs*, agissent différemment, fournissent néanmoins les mêmes *ingrédiens* perceptibles, sans que les différences qu'on observe dans les proportions de ceux-ci puissent fournir aucune idée satisfaisante pour l'explication des grandes différences entre les *corps* eux-mêmes; et il n'est pas moins frappé de ce qu'on ne peut reproduire les mêmes *corps* avec les *ingrédiens* qu'on en a tirés. Ces circonstances seules conduisent très-légitimement à penser, contre l'opinion de M. Zylius dans son objection précédente, que bien des substances *impalpables* et *incoërcibles* peuvent s'échapper durant l'analyse, et que d'autres peuvent venir se joindre à celles qui demeurent; et l'on en a conclu aussi, contre sa dernière objection, que ces substances *ténues* faisoient naître de nouvelles *affinités* dans celles qui peuvent *affecter* nos *sens*, sans les *affecter* elles-mêmes.

734. Outre les opérations actuelles sur notre globe, naturelles ou artificielles, dont ces conséquences sont déduites, la *géologie* en tire les seuls principes qui puissent y

fournir un fil assuré. Lorsque des chymistes ont cherché à se former une idée de quelque *menstrue universel* qui eût pu tenir à la fois en *dissolution* toutes les substances *minérales*, ils confondoient les temps; car l'idée de *menstrue* ne peut appartenir qu'à l'état actuel de la terre. Toutes les substances que nous appercevons sont dans des états de *combinaison* résultans des premières opérations qui ont eu lieu sur notre globe. Ces *combinaisons* éprouvent des changemens par l'action des *composés* les uns sur les autres ; nous pouvons diriger quelques-uns de ces changemens, et les *menstrues* sont au nombre des *composés* que nous employons à cet effet ; mais rien ne retourne à l'état primordial, où il n'y avoit ni *menstrue*, ni *dissolvende*, où les *élémens* qui ont composé les *couches minérales* et tous leurs contenus, ainsi que les substances *atmosphériques*, l'*eau* de la *mer* et l'*eau* qui circule à la surface et à l'intérieur de la terre par l'entremise de l'*atmosphère*, étoient tenues en union réciproque avec l'*eau*.

735. C'est là une proposition conclue de tous les phénomènes terrestres, sur laquelle j'ai eu l'avantage de me rencontrer plus particulièrement avec M. DE DOLOMIEU ; nos

Mémoires respectifs sur ce sujet se trouvent dans le *Journal de Physique* de M. DE LA MÉTHERIE, qui lui-même avoit eu cette idée avant nous, comme M. DE SAUSSURE l'avoit aussi conclue de ses observations dans les Alpes : mais nous avons porté plus loin les déterminations, M. DE DOLOMIEU et moi, et nous nous sommes trouvés d'accord sur la marche générale des opérations dans le *liquide primordial* tel que je vais l'exquisser en peu de mots.

736. Par quelque cause que ce soit, dont il ne s'agit pas ici, de premières *molécules solides* se composèrent d'abord par les *affinités* immédiates de quelques *élémens* qui leur firent abandonner le *feu de liquéfaction*, et ces *molécules*, ainsi composées, jouirent d'*affinités* que leurs composans séparés ne possédoient pas. Les mêmes *élémens* entrant respectivement dans d'autres combinaisons pour former différentes premières *molécules* solides, il en résulta des *affinités* différentes, quoique avec une partie des mêmes *élémens*. En même temps que ces premières *compositions* avoient lieu, il se faisoit de premières *séparations* par des *élémens* rendus *expansibles*, qui se dégageoient du *liquide* et se répandoient autour du globe. De ces sépa-

rations résultoit la formation de certaines *molécules* ou certaines *aggrégations*, entre celles-ci, rendues possibles par de nouvelles *affinités*. Dans certains groupes formés par ces *aggrégations*, les mêmes *élémens* entroient différemment dans les uns comme appartenans aux premières *molécules*, dans d'autres comme servans d'intermèdes à l'*aggrégation* de *molécules* différentes, et il en résultoit de nouvelles *affinités* dans les différens *composés* formés par leur réunion. Ainsi les mêmes *élémens* combinés entre eux à différentes périodes, ont fait naître des *affinités* différentes dans des *composés* qu'ils constituoient également ; mais un même *ingrédient* a pu entrer dans les *molécules* primaires ou secondaires, ou dans les *aggrégations* qui ont produit enfin les composés *minéraux* tels que nous les trouvons, soit suivant la période de ses premières rencontres avec d'autres, soit suivant celle où se sont faites les *séparations* d'autres *élémens*, d'où est résultée la masse de *fluides expansibles* qui environne notre globe ; masse qui ne change plus sensiblement que par ses vicissitudes observées, parce que les *précipitations* ont cessé dans la *mer;* ce que M. DE DOLOMIEU a reconnu comme moi.

737. Cette marche générale n'est pas simplement déduite des loix générales des *affinités*, elle est appuyée par des faits *géologiques* et *chymiques*. Au premier égard, la *géologie* nous conduit à reconnoître, par diverses espèces de monumens, que notre *atmosphère* s'est formée durant les opérations chymiques qui ont produit nos couches *minérales*, et qu'elle a successivement changé, en même temps que le *liquide* d'où se séparoient les *fluides expansibles* changeoit de nature en s'approchant de l'état actuel de l'*eau de la mer;* ce qu'on reconnoît par les changemens successifs des êtres organisés marins et terrestres dont les restes se trouvent dans nos couches minérales. On peut voir en particulier sur cet objet mes *Lettres Géologiques* adressées au professeur BLUMENBACH de Gottingue, et publiées à Paris en 1798. Quant à la *chymie*, l'*analyse* des substances *minérales*, qui peut être considérée comme une sorte d'opération inverse de celle de leur formation, manifeste jusqu'à un certain point quelle a dû être la marche de celle-ci. Tel *menstrue* ou *réactif* qui, par sa nature, devroit s'emparer d'un des ingrédiens du *composé*, et rompre par-là son aggrégation, ne le peut point, jusqu'à ce que quelque opération

préliminaire ait produit dans le *composé* un changement qui mette cet ingrédient en prise au *réactif ;* ce qui doit dépendre de la *période* à laquelle il est entré dans la composition du corps, ou dans les *molécules* primaires, secondaires, etc., ou dans l'*aggrégation* finale. De là procèdent en général les différences trouvées par le tâtonnement à l'égard de l'*ordre* qu'on doit suivre, suivant les corps dans l'emploi des divers moyens d'analyse chymique, pour faire paroître tous les ingrédiens perceptibles de différens *corps*, qui cependant, en dernière analyse, donnent les mêmes *produits* sensibles. Et pourquoi ne peut-on plus recomposer les mêmes *corps* avec ces produits ? C'est qu'on a suivi, en décomposant, une marche *empirique*, dans laquelle on n'apperçoit point les opérations intimes qui font naître ou qui détruisent certaines *affinités*, par le *dégagement* peut-être, ou l'*accès* de substances qui échappent à nos sens, et dont la présence ou l'absence avoient contribué aux *combinaisons* des mêmes *ingrédiens* sous diverses formes dans les *corps naturels*. On s'est accoutumé de plus à considérer comme des substances *simples*, certains *produits* sensibles de ces *analyses ;* ou si ces produits sont expansibles, on n'y

supppose que l'addition du *feu ;* mais si la *nouvelle théorie chymique* est sans fondement, si dans ces produits expansibles il n'y a de substance vraiment *simple*, et en même temps *pondérable*, que l'*eau*, on sentira le besoin de revenir à la *physique générale* pour éclairer la *chymie.*

738. Je n'aurois pas eu besoin d'entrer dans un aussi grand champ pour répondre à l'objection de M. Zylius à l'égard des nouvelles *affinités* qui peuvent naître dans la *vapeur aqueuse* par l'addition de quelque nouvelle substance ; il est assez évident, d'après les loix générales des *affinités*, qu'un *fluide expansible* composé de *feu* et de quelque autre substance aussi *impondérable* que lui, peut avoir avec l'*eau* une *affinité élective* que le *feu* seul n'a pas ; c'est ce que M. Monge, cité au §. 67, a pensé dès le commencement de ces discussions. Je ne suis donc entré dans le champ de la géologie que pour montrer, par cet exemple, les liaisons qui règnent entre toutes les branches de la *physique terrestre*, et combien ceux qui ne les ont pas assez considérées doivent être circonspects dans leurs jugemens. J'aurai la même remarque à faire sur une troisième objection générale que m'a faite M. Zylius.

739. C'est encore sous la forme de *condition* des *hypothèses* admissibles que se présente cette nouvelle objection. « La plus » grande *simplicité* possible (dit M. Zylius, » page 85) est le second caractère qu'on exige » d'une *hypothèse*, par où l'on entend qu'elle » doit expliquer les *phénomènes* dont elle » est destinée à rendre raison, de la manière la plus facile et la plus abrégée, et » si j'ose m'exprimer ainsi, la moins *prodigue* en suppositions de *substances* et de » *forces* nouvelles. Ici l'on me permettra » de demander, si en étudiant l'*histoire* de » la physique dans toutes ses *périodes*, il » est possible d'y trouver une *hypothèse* » aussi *prolixe*, aussi *compliquée*, aussi singulièrement *embarrassée* que celle de M. de » Luc ? Quelle est l'*hypothèse* où l'on admette un si grand nombre de *substances* » et de *forces* diverses ; où l'on n'*admette* » *l'une* que *pour l'amour de l'autre*, et en » expliquant *l'une par l'autre* ». Voici encore une accusation de *cercle vicieux*, mais on verra par la suite que c'est toujours la même méprise, ainsi je ne m'arrêterai qu'à la condition générale de *simplicité* que M. Zylius exige dans les *hypothèses*, et qu'il ne trouve pas dans mon système.

740. On doit toujours se défier des maximes générales jusqu'à ce qu'on en voie l'application. Qu'est-ce *que la plus grande simplicité possible ?* C'est celle qui produit les *effets* avec *le moins* de *moyens*. Mais la première condition, c'est que les *effets* soient produits ; et s'il faut *beaucoup* de *moyens* pour les produire, dès qu'il n'y en a pas *trop*, c'est *la plus grande simplicité possible*. On ne trouve, dit M. Zylius, dans aucune *période* de l'*histoire* de la *physique*, une *hypothèse* où l'on ait été aussi *prodigue* de *substances* et de *forces ;* mais y trouve-t-on la solution des problèmes physiques auxquels s'applique mon système ? M. Zylius préféreroit-il la *période* très-*économe*, où l'on ne s'occupoit dans la chymie que des *solides*, des *liquides* et du *feu ?* Mais qu'*expliquoit-on ?* presque rien ; il n'y avoit que des procédés empiriques. M. Zylius ne disconviendra pas, que depuis que l'attention s'est portée sur les *substances* qui passent à l'état de *gaz* et de *vapeur*, ce qui a augmenté le nombre des *substances* et de ce qu'il nomme les *forces*, la physique n'ait fait un grand pas. Mais comment s'explique la formation de ces *fluides expansibles*, quels sont leurs *ingrédiens*, quel est le genre ou l'espèce

d'*affinités* qui s'y exercent ? Telles sont les questions à décider entre la *nouvelle théorie chymique* et mon *systême*, et jusques-là, que la première y emploie *moins*, et le dernier *plus* de *substances* et de différentes *affinités*, ne doit pas être une considération pour le physicien.

741. « Dans quelle *hypothèse*, continue » M. ZYLIUS, a-t-on composé le *fluide* » *électrique* de *quatre*, et l'air atmosphé- » rique de *cinq* parties constituantes? » Dans aucune avant mon systême ; mais s'il est prouvé directement par les faits, que le premier de ces *fluides* quoique *impondérable*, est composé de nombre d'*ingrédiens*, qu'est-ce qui pourroit empêcher d'en admettre un plus grand nombre dans l'*air atmosphérique*, fluide *pondérable*, si les *phénomènes* l'exigent ? Cette objection n'est donc rien en elle-même, il faut en venir à l'examen direct, et j'y viendrai dans la suite.

742. « C'est la multitude des *phénomènes* » expliqués par une *hypothèse* (dit enfin » M. ZYLIUS) qui en décide le prix et la » vraisemblance. Or quels *phénomènes* peut- » on expliquer par l'*hypothèse* de M. de Luc » sur la *transformation* de l'*eau* en *air* par » l'entremise d'une *substance* qui donne à

» la *vapeur aqueuse* le caractère de *perma-*
» *nence ?* Jusqu'ici le phénomène de la *per-*
» *manence* de la *vapeur* est le seul expli-
» cable par cette *hypothèse* ». Il se trompe
en ne citant que ce phénomène, mais je m'y
arrêterai d'abord, pour rappeler à ce physi-
cien sa propre conclusion dans l'exposé de
mon système. « Telle est (dit-il) l'esquisse
» abrégée de l'histoire de l'*eau* qui s'élève
» dans l'atmosphère ; mais comment en re-
» descend-elle ? comment se forment les
» *nuages* et la *pluie ?* Il suffit de suivre la
» marche inverse ». Je m'arrête à ce seul phé-
nomène, auquel tout est lié dans la physique
terrestre. Explique-t-on les *nuages* et la *pluie*
par la *nouvelle théorie chymique ?* Les expli-
que-t-il lui-même ? J'examinerai d'abord
cette dernière question, et je reprendrai la
première dans la suite.

743. Tout dépend ici de la manière dont
se fait l'*évaporation*, et de l'état de l'*eau*
évaporée dans l'atmosphère : or voici ce que
dit M. Zylius, page 62 : « Toutes choses
» d'ailleurs égales, la *sécheresse* doit augmen-
» ter, à mesure que la *pesanteur spécifique*
» de l'*air* augmente. Si un volume d'*air* se
» trouve tellement saturé d'*eau*, qu'il ne reste

» finalement plus de *vapeur* à *dissoudre*, cet
» *air* est arrivé au plus haut degré de *poids*
» qu'il puisse avoir dans sa *température* et
» sous le même degré de *pression*, et l'*hy-*
» *gromètre* indiquera la *sécheresse* ». Mais qu'est-ce qui viendroit alors rompre cette union de l'*eau* à l'*air ?* union *par affinité élective*, puisque l'*hygromètre* ne pourroit s'emparer d'aucune partie de cette *eau*. M. Zylius ne veut reconnoître dans l'atmosphère aucun *fluide* qui n'*affecte* pas immédiatement les *sens ;* cependant il faudroit bien que quelque autre substance vînt enlever cette *eau* à l'*air*, ou l'*air* à cette *eau*, pour produire les *nuages* et la *pluie*. Quelle est donc la substance *perceptible* qui exercera cette fonction ? Mais il y a plus, et je l'ai déjà fait remarquer dès le commencement en parlant de cette hypothèse : ce seroit en vain qu'on reconnoîtroit une substance *perceptible* ou *imperceptible* exerçant cette fonction ; la *pluie*, ce phénomène auquel toute la *météorologie* est liée, et par elle toute la *physique terrestre*, n'en résulteroit point, ou il ne pourroit plus y avoir de *sécheresse* dans l'air. Si cette substance s'emparoit de l'*eau*, il n'en résulteroit qu'un nouveau fluide *aériforme*, et l'*eau* ne se *précipiteroit* point : si elle

s'emparoit de l'*air*, et que l'*eau* devînt libre, il en résulteroit une nouvelle espèce d'*air* qu'on devroit discerner par de nouvelles propriétés chymiques, et cet *air* ne seroit plus capable de *dissoudre l'eau;* de sorte que toute la *vapeur aqueuse* qui pourroit y subsister, y demeureroit, et produiroit l'*humidité extrême*, au lieu de la grande *sécheresse* qu'on observe dans cette région à l'instant où les *nues* sont dissipées. Cette hypothèse est fort *simple* sans doute, mais elle n'explique rien, et elle est contraire aux faits.

744. On pourroit dire que dans l'hypothèse de M. ZYLIUS il y a aussi une substance *intermédiaire* entre l'*air* et l'*eau*, savoir le *feu*; car différant à cet égard des auteurs de la *nouvelle théorie chymique*, il dit, à la p. 60: « L'*air* ne » peut produire l'*évaporation* de l'*eau;* la *so-* » *lution* ne peut s'opérer qu'en tant que l'*eau* » est déjà en *vapeur*, et ainsi unie au *feu.* » Alors l'office d'une nouvelle *substance*, qu'il faudroit pourtant admettre, quoique M. ZYLIUS voulût l'*économiser*, seroit d'enlever le *feu* pour que l'*air* ne pût plus retenir l'*eau.* Mais indépendamment de ce que toute substance avide de *feu*, qui s'élèveroit dans l'atmosphère, y trouveroit assez de *feu libre* pour

pour s'en saturer, sans enlever un *feu* combiné par *affinité élective* avec l'*eau* et l'*air*, comme l'y considère M. Zylius, toujours pour soustraire l'*eau* à l'*hygromètre*, la libération de l'*eau* ne produiroit jamais qu'une *bruine* impalpable, au lieu qu'il faut expliquer les *nuages* et la *pluie* qui s'en détache. Les *nuages* sont formés de *vésicules aqueuses*, qui ne se forment jamais que de la *décomposition* de la *vapeur*.

745. Ce dernier fait embrasse enfin toute hypothèse de *dissolution* de l'*eau* par l'*air*, autant une *dissolution* immédiate comme on la considère dans la *nouvelle théorie chymique*, que celle de la *vapeur aqueuse* supposée par M. Zylius. Les *nuages*, sources de la pluie, procèdent *immédiatement* de la *vapeur aqueuse* existante comme telle; mais pour cela elle doit être en assez grande abondance pour se décomposer en *brouillard*, comme il arrive au-dessus d'un vase où l'eau bout. D'où peut donc provenir cette prodigieuse abondance, long-temps soutenue, de *vapeur aqueuse* dans des couches de l'atmosphère, où l'instant auparavant l'*hygromètre* n'en indiquoit qu'une minime quantité, si ce n'est du seul *fluide pondérable* qui s'y trouve, l'*air* lui-même.

746. Dans les *pluies* ordinaires, où l'opération est plus lente et où les *nues* occupent de grandes épaisseurs de couches d'air, ce phénomène ne frappe pas, mais les *pluies soudaines*, dont les *nues* se forment à notre vue dans une couche fort peu épaisse, et qui cependant répandent l'*eau* en très-grande abondance, ont obligé les auteurs même de la *nouvelle théorie chymique* d'avoir recours à l'*air*. Voici ce que dit M. FOURCROY sur ce sujet à la pag. 38 de son ouvrage intitulé VÉRITÉS *fondamentales de la Chymie moderne*. « Aussi long-temps que l'*hydrogène* » et l'*oxigène*, tous deux *fondus* en *gaz* par » le *calorique* et la *lumière* sont ensemble en » contact froid, il n'y a point d'*inflammation*, » point de *formation d'eau*. Mais quand un » corps en *ignition* est amené au contact du » mélange, ou quand ils sont *violemment* » *comprimés*, ou *violemment secoués*, les » deux *gaz* commencent à se *combiner*, la » *combustion* a lieu, et il y a de l'*eau* pro- » duite. Il paroît qu'un *phénomène de cette* » *espèce* est produit dans l'*atmosphère*; les » *détonations* atmosphériques, les *coups de* » *tonnerre* paroissent être la *combustion* du » *gaz hydrogène* avec l'*air vital*, et c'est

» ainsi que nous les voyons suivies de *pluies* » *soudaines*. Quelques *pluies orageuses* sem- » blent aussi être dues à une combinaison » rapide du *gaz hydrogène* avec l'*air vital*, » occasionnée par des *étincelles électriques* » qui rétablissent l'équilibre électrique de » *nue* à *nue*, et entre les *nues* et le *sol* ». Il falloit bien expliquer ces *pluies* sans la *dissolution* de l'*eau* par l'*air* et par la *décomposition* de quelque *air ;* mais voilà aussi comment on fait des hypothèses sur les opérations *atmosphériques*, quand on les imagine dans son laboratoire.

747. Je ne m'arrêterai pas à demander sur quoi l'on se fonde, en supposant qu'*une violente compression*, une *violente agitation* du mélange des deux *gaz*, y produit la *combustion* et de l'*eau*, ce que pourtant, en bonne logique, il auroit fallu d'abord établir ; mais je demande comment une *violente compression* peut avoir lieu dans l'*atmosphère ?* M. DE FOURCROY n'a pas voyagé dans les montagnes avec le *baromètre*, cet instrument qui indique la *compression* locale de l'*air*, il n'a pas mesuré les hauteurs par déduction de cette *compression* dans les couches mêmes où se forment des *nues orageuses*, sans quoi une pareille

hypothèse ne lui seroit jamais venue en pensée. Et quant à une *agitation violente*, les *vents violens* heurtent bien les corps, mais n'étant eux-mêmes que des *courans d'air*, quelque rapides qu'ils soient, les particules d'*air* y demeurent en repos relatif des unes aux autres, ce que montre encore la mesure des hauteurs par le *baromètre*. Ces hypothèses sont-elles les VÉRITÉS *fondamentales de la Chymie moderne?* Il faudroit pourtant qu'elles fussent solides pour que cette *chymie* pût se soutenir, car il lui incombe d'expliquer la *pluie*.

748. Je ne parlerai pas ici des *étincelles électriques*, de ce rétablissement de l'équilibre électrique de *nue* à *nue*, parce que je dois y revenir en considérant le *fluide électrique* dans l'atmosphère ; et ici même il n'en est pas besoin. Cette hypothèse a de commun avec la précédente, le besoin d'une grande abondance de *gaz hydrogène*, comme l'appelle M. DE FOURCROY, dans les couches de l'*atmosphère* où se forment les *pluies soudaines*, et il la suppose aussi, parce qu'il ne connoît pas l'*atmosphère*. Ces pluies se forment très-fréquemment autour des parties habitées des montagnes, où les bergers et

les chasseurs au chamois allument des feux en plein air ; qu'arriveroit-il si l'air y contenoit assez d'*air inflammable* pour y produire tant d'*eau* par sa *combustion* avec l'*air vital?* On m'a objecté, pour en sauver la terrible conséquence, que l'*hydrogène* pouvoit se trouver en telle combinaison, que les corps en *ignition* ne l'affectassent pas, et que l'*étincelle électrique* pût seule produire sa combinaison avec l'*air vital. Hypothèse* sur *hypothèse;* mais je passe là-dessus. Je passe encore sur ce que la mesure des hauteurs par le *baromètre* devroit manifester ce mélange par la grande différence de *pesanteur spécifique;* parce qu'on pourroit, avec autant de droit, ajouter par *hypothèse*, que cette combinaison de l'*hydrogène* peut augmenter sa *pesanteur spécifique.* Mais finalement cet *air inflammable*, par sa *combinaison* avec la partie *respirable* de l'*air atmosphérique* pour produire de l'*eau*, l'enlèveroit à cet *air* autour des montagnes et dans leurs vallées; ainsi, en sauvant les hommes et les animaux de l'embrasement, les garantira-t-on de la mort? Or l'*air* demeure aussi *respirable* dans ces *nues* qu'il l'étoit auparavant. Puis donc que l'*eau* qui se sépare de ces

nues doit provenir de la *décomposition* d'un *fluide aëriforme*, et que ce n'est pas la *décomposition* de la partie *respirable* de l'*air atmosphérique* par l'*air inflammable*, il faut nécessairement que ce soit celle d'une partie de l'*air atmosphérique* lui-même, et qu'ainsi sa masse *pondérable* soit de l'*eau*. Or les *pluies* ordinaires ne diffèrent de celles-là que parce qu'elles se préparent plus lentement, qu'elles embrassent des couches plus épaisses et plus étendues, et qu'elles durent davantage, et l'on ne peut pas mieux en trouver la source hors de l'*air atmosphérique*, que de celles qui sont produites soudainement et cessent bientôt.

749. Ce n'est pas seulement par le phénomène de la *pluie*, c'est d'après tout l'ensemble des phénomènes terrestres que j'ai montré la nécessité d'admettre un grand nombre de *substances* qui échappent à nos sens par leur ténuité; et en en donnant pour exemple ceux qui se manifestent souvent, outre la *pluie*, dans les nues orageuses; savoir : l'*éclair*, le *tonnerre*, la *grêle*, les *tourbillons* de *vent*, j'ajoutois qu'il ne falloit négliger aucun de ces *fils* propres à nous diriger dans la recherche des caractères

distinctifs de *substances* qui manquent encore à l'explication des phénomènes. Sur quoi M. ZYLIUS répond, pag. 86 : « Ces *fils* ne » sont autre chose que le *besoin* de la *nou-* » *velle hypothèse* de M. de Luc ». Cette remarque seroit fondée si, avec les substances qui *affectent nos sens*, on avoit expliqué les phénomènes atmosphériques dont je viens de faire mention : si l'on avoit expliqué les *aurores boréales*, les *nues lumineuses*, la *lumière* qui se manifeste la nuit dans l'atmosphère, et que M. DE SAUSSURE a observée durant son séjour au *Col-du-Géant*, les différens degrés de *transparence* de l'*air* (ou différentes teintes de la *couleur bleue* du ciel, que le même physicien a réduites à une échelle par l'invention de son *cyanomètre*, et qui n'ont aucun rapport à l'*humidité*) les variations subites de *température* de l'air, ses différences en diverses saisons dans les mêmes lieux, et entre divers lieux à même latitude dans les mêmes saisons ; si l'on avoit rendu raison des rapports qui règnent entre les opérations *atmosphériques* et celles qui se passent dans le *sol* pour la production des différens végétaux, de leurs couleurs, odeurs, saveurs, de leurs effets salutaires ou

nuisibles pour les hommes ou les animaux, et comment, avec toutes ces différences caractéristiques des substances *végétales* et *animales*, leurs *fibres* ont en commun des *molécules* ayant les caractères que j'ai montrés en traitant de l'*hygrométrie*; *molécules* qui, une fois décomposés par des *analyses* qui ne rendent aucune raison de cette *propriété*, ne se reproduisent plus que par les mêmes procédés des causes naturelles. Quand on réfléchira profondément sur tous ces phénomènes, au lieu de m'accuser de *prodigalité* dans l'admission de quantité de *substances*, absolument nécessaires pour ceux dont j'ai traité directement, on reconnoîtra que je suis resté beaucoup au-dessous du *besoin*, non de mon *système*, mais des *phénomènes* de la *nature*.

750. Si, par la difficulté de saisir des *fils* réels dans ce labyrinthe d'*agens*, quelques physiciens préfèrent de se borner à observer leurs *effets*, à les décrire et les classer; si pour s'aider à les lier chacun dans son genre ou espèce, par des circonstances sensibles qui leur soient communes, ils se bornent à généraliser ces rapports des *effets* aux circonstances, pour les représenter sous des *formules*, on ne sauroit les blâmer : chacun a

son talent, et quand celui-là est bien employé, il est même le premier pas nécessaire pour pénétrer jusqu'aux *causes*. Mais si l'on veut entrer dans ce champ, qui est celui de la *physique* proprement dite, il ne faut pas oublier que là se réunissent, par des *causes communes*, tous les rameaux qui se distribuent dans les différentes classes de phénomènes, et qu'on ne peut en découvrir les liaisons réelles qu'après avoir bien déterminé les phénomènes eux-mêmes, sans addition anticipée d'hypothèse sur les *causes générales*, et sans supposition pour des phénomènes particuliers de *substances* inconnues en elles-mêmes, avant que d'avoir examiné si tous les phénomènes auxquels ces substances devroient participer les manifestent, ou si des substances évidemment indiquées par d'autres classes de phénomènes ne sont pas suffisantes pour expliquer ceux-là.

751. Ce sont là les préceptes de BACON. « Si les premières *notions* des choses (disoit-» il) qui se recueillent sans peine dans l'es-» prit durant son indolence, qu'il rassemble » et accumule, et d'où naissent toutes ses » autres idées, sont vicieuses, confuses, » extraites des choses sans précaution, il

» ne peut y avoir que fantaisie, qu'incon-
» sistance dans ses déductions et toute leur
» suite ; d'où il résulte que ces *notions*
» qu'emploie la raison humaine dans ses
» recherches sur la nature n'étant ni bien
» recueillies ni bien arrangées, il s'en forme
» une certaine masse *magifique*, mais *sans*
» *fondement* ». (*Précis*, etc. Tom. I, pag. 88).
Voilà, je l'avoue, ce que me paroît être la *nouvelle théorie chymique* dans les ouvrages de ses auteurs. On y trouve une grande masse de *faits* tirés de leurs laboratoires, liés par des *principes généraux* qu'ils ont conclus de quelques phénomènes *particuliers* tous d'une même classe, et par des déterminations arbitraires, puisqu'elles ne sont point comparées avec d'autres classes de phénomènes qui devroient concourir à les former. C'est par cette *indolence* de l'*esprit* que BACON avoit fait remarquer dans la formation de tant de *théories*, qu'on a pu déclarer définitivement comme *simples* et seulement unies au *feu*, des substances que d'autres phénomènes manifestent comme *composées ;* et qu'au contraire on y a établi comme *composée* la substance qui seule peut-être, outre la *lumière*, se manifeste encore comme *élémentaire* sur

notre globe, je veux dire l'*eau ;* substance à l'égard de laquelle, vu ses relations intimes avec toutes les autres dans les opérations tant passées qu'actuelles sur la terre, il auroit fallu déterminer le plus tard quelle est sa nature, en ne formant des hypothèses que pour les comparer soigneusement avec tous les phénomènes terrestres. Enfin c'est avec la même inattention qu'en fixant un catalogue de *substances*, réelles ou hypothétiques, qui doivent servir, suivant cette *théorie*, à l'explication de tous ces phénomènes, on s'est borné à y nommer le *fluide électrique*, sans lui assigner aucune fonction ; tandis que ce *fluide* environne tous les corps terrestres, qu'il est toujours uni avec l'*air*, qu'il se *décompose* quand il étincelle, qu'il exerce alors des *affinités chymiques* très-puissantes, et ne doit pas moins produire des *effets chymiques* quand il se *compose.*

752. Ces considérations sur le *fluide électrique*, ainsi que sur l'oubli qu'on en a fait dans la *nouvelle théorie chymique*, sont très-importantes ; car elles embrassent toutes les déterminations de cette *théorie*, comme elles sont liées à toute la *physique terrestre*. C'est pourquoi, suspendant ici l'examen de quel-

ques autres objections de M. ZYLIUS auxquelles ce sujet même me ramènera, je reprendrai les choses de plus haut, en retournant à la question de l'*Académie de Berlin*, qui a déjà donné lieu aux discussions de ce chapitre.

CHAPITRE II.

Réponse générale à la seconde QUESTION *de* l'ACADÉMIE DE BERLIN.

753. La première forme de cette *question*, rapportée dans l'introduction à ce sujet (§. 719), étoit la suivante. « Comment, en » admettant le système de M. de Luc, peut-» on déduire de *principes physiques* la *trans-» formation* de la *vapeur aqueuse* en *air*, » de manière qu'il en résulte ensuite les » *nuages* et la *pluie* » ? Dans sa réponse, M. Zylius avoit entrepris de prouver que cette *transformation* étoit contraire à des *principes physiques*, mais je viens de faire voir qu'il se trompoit.

754. D'après quelques considérations renfermées dans le Mémoire de ce physicien, l'Académie a fait un changement à sa question, en la laissant subsister. Elle a d'abord renouvelé avec lui l'expression d'une opposition formelle de ma *théorie météorologique* avec le *systéme antiphlogistique*. « Le » systême de M. de Luc (dit-elle dans son ju-» gement) étoit-il fondé, reposoit-il sur des

» bases solides, le *système antiphlogistique* » ne pouvoit subsister ». Les auteurs de la *nouvelle théorie chymique* se trouvoient donc les plus intéressés à cet objet; cependant ils n'ont pas paru en prendre connoissance.

755. L'Académie reconnoît ensuite que toute la question est liée à l'état de l'*eau* dans l'atmosphère, et à la manière dont elle s'en sépare pour produire la *pluie;* puis elle m'assigne les conditions suivantes pour pouvoir soutenir mon systême. « Il faut (dit-elle) » que M. de Luc assure à l'*hygromètre*, qui » ne jouissoit pas d'un si haut degré de con- » fiance, le rang éminent qu'il lui assigne » dans cette discussion, d'une manière beau- » coup trop positive.... Il faut qu'il prouve » que l'*hygromètre* peut même indiquer l'*eau* » *latente* dans l'*air;* et pour cet effet, il a à » réfuter les preuves que notre auteur allègue » contre cette propriété : ou bien il faut que, » prenant une route toute nouvelle, et sans » pouvoir désormais en appeler aux décisions » de l'*hygromètre*, il allègue des preuves » démonstratives que la *vapeur aqueuse* se » change quelque part en *air* dans l'atmo- » sphère. Ce sera alors qu'il sera autorisé à » déduire de son systême les conséquences

» que M. LICHTENBERG en tire particulière-
» ment contre le *systéme antiphlogistique*.
» L'Académie ne *prononce* point; elle aban-
» donne maintenant aux *experts* l'examen
» attentif et impartial des principes énoncés
» et développés dans ce Mémoire ».

756. J'ai satisfait à l'une des deux premières conditions dont l'Académie me laissoit ici l'alternative, en montrant dans la IIe. Partie de cet ouvrage, que je n'avois jamais asssigné à l'*hygromètre* la propriété d'indiquer aucune *eau latente*, et que M. ZYLIUS s'étoit mépris à cet égard sur mon système ; ce dont il étoit convenu dans nos entretiens, de même que de l'inutilité de cette propriété pour le soutien de mon systême. Par ce changement dans l'état de la question, ce que demande ici l'Académie se réduit à ce que je dois prouver de *deux* choses l'*une ;* « ou que
» l'*hygromètre* annonce toute la quantité
» d'*eau évaporée* qui n'est pas *transformée*
» en *air;* parce qu'alors on est obligé d'ad-
» mettre que l'*eau* qui s'élève sans cesse dans
» l'atmosphère s'y transforme en *air ;* ou di-
» rectement, que cette *transformation* a lieu
» quelque part dans l'atmosphère ». La preuve de l'une ou l'autre de ces propositions suffit

en effet, comme le reconnoît l'Académie, pour que la *nouvelle théorie chimique* ne puisse se soutenir, ce dont je dois rappeler ici la raison, d'après ce que MM. LICHTENBERG et ZYLIUS ont également exposé, quoique d'avis contraires sur ce que je prouvois, parce que cette conséquence dérive de la nature même de la chose.

757. Dans cette *théorie* on suppose que la masse *pondérable* de l'atmosphère consiste en deux espèces d'*airs ;* et l'un de ces *airs* doit avoir pour *base*, ou partie *pondérabl*e, l'*une* de *deux* substances qu'on suppose constituer l'*eau*, celle qu'on nomme *oxigène.* Mais pour former dans l'atmosphère l'*eau* de la *pluie*, si elle doit provenir de quelque *air*, il faudroit que l'autre partie supposée de l'*eau*, sous le nom d'*hydrogène*, s'y trouvât en grande abondance; c'est cette substance qu'on suppose être la *base*, ou partie *pondérable* du *gaz* connu auparavant sous le nom d'*air inflammable*, et nommée aujourd'hui *gaz hydrogène ;* or, ce *gaz* n'est jamais qu'en quantité minime dans l'atmosphère. Voilà comment les auteurs de la *nouvelle théorie chymique* ont été obligés d'avoir recours à la supposition que l'*eau* qui produit la *pluie* avoit

été

été *dissoute* par leurs deux *airs* atmosphériques, en quoi ils font consister l'*évaporation;* et que cette *eau* se trouve abandonnée par les deux *airs*, quand les *nuages* et la *pluie* se forment. Si donc j'ai démontré que l'*évaporation* n'est point une *dissolution* de l'*eau* par l'*air*, et que l'*hygromètre* indique toujours la quantité de l'*eau évaporée* qui n'est pas convertie en *air*, la *nouvelle théorie chimique* ne peut absolument se soutenir.

758. Ainsi l'*Académie de Berlin*, dès son programme sur cette question, et dans le jugement qu'elle a porté du Mémoire de M. ZYLIUS, a reconnu la vérité de ce que j'avois dit depuis le commencement de cette discussion entre les physiciens, que ce seroit la *pluie* qui décideroit enfin le sort de la *nouvelle théorie chymique;* parce qu'on ne pourroit pas rester long-temps dans l'indifférence sur la cause réelle d'un phénomène qui (depuis BACON, à qui nous devons la physique expérimentale, et qui traita déjà cette question avec beaucoup de profondeur, *Précis*, etc. Tom. II, V^e. *Partie*) a été considérée par les physiciens du premier ordre, jusqu'à l'invention de cette *théorie*, comme l'un des plus grands phénomènes terrestres. Or, voici ce que j'ai démontré

dans cet ouvrage pour remplir l'une des deux conditions dont l'Académie m'avoit laissé l'alternative.

1°. Toute *évaporation* de l'*eau* produit le même *fluide expansible* qui se détache de l'*eau bouillante ;* savoir : la *vapeur aqueuse*, dont la nature et toutes les modifications, à partir de sa formation dans son état d'existence et dans ses décompositions, sont maintenant déterminées aussi précisément qu'aucune opération physique connue, et il en est même bien peu où l'on soit parvenu au même degré d'exactitude et d'évidence.

2°. La *vapeur aqueuse* se forme d'*eau* et de *feu*, sans aucune participation de l'*air*, ni à sa formation, ni dans sa durée ; elle s'élève dans l'atmosphère par sa moindre *pesanteur spécifique* comparativement à l'*air ;* elle est transparente comme lui, et mêlée avec lui, elle exerce les mêmes fonctions mécaniques que lui-même, jusqu'au degré de *densité* où elle peut subsister par sa propre nature.

3°. Le degré de *densité* auquel la *vapeur aqueuse* peut parvenir ; le même dans l'*air* que dans le *vuide d'air*, est déterminé par la *température*. Si la *vapeur* a acquis son *maximum* de *densité* dans une certaine *température*, et qu'il survienne du *refroidisse-*

ment, il s'en décompose une partie, dont l'*eau* se sépare et le *feu* se dégage; après quoi elle reste au *maximum* correspondant à la nouvelle *température*. C'est là le principe fondamental de l'*hygrologie* et de *l'hygrométrie;* parce que la *vapeur aqueuse* étant arrivée à son *maximum* par un certain degré de *chaleur*, quelle que soit alors sa *densité* absolue, produit toujours l'*humidité extrême* dans ces substances; et les *mêmes* points de l'*hygromètre*, sont toujours les mêmes parties aliquotes des différens *maxima*.

4°. C'est par ces propriétés bien déterminées de la *vapeur aqueuse* et des *substances hygroscopiques*, que l'*hygromètre*, aidé du *thermomètre*, fournit toujours une conoissance certaine de la quantité d'*eau* réduite en *vapeur* au lieu et au moment de l'observation, tant que *l'eau* conserve cet état, c'est-à-dire, tant qu'elle ne se convertit pas en quelque autre *fluide*.

5°. L'hypothèse d'une *dissolution* de l'*eau* par l'*air*, donnée pour cause de l'*évaporation*, est contraire aux expériences *manométriques* jointes à l'observation de l'*hygromètre*, tant dans l'*air* que dans le *vuide d'air*, qui montrent dans les deux cas, la formation d'un même *fluide expansible*, tant

par la *pression* que par l'*humidité*. D'ailleurs l'hypothèse de la *dissolution* ne change rien à la proposition précédente, tant qu'on suppose, comme le fit M. LE ROI, auteur de cette hypothèse, que le *maximum* de *dissolution* dépend de la *température ;* car l'*hygromètre* indiqueroit toujours la *quantité* de cette *eau*, comme M. LE ROI le montroit lui-même par ses *ballons de verre* de *températures* déterminées, qui lui servoient d'*hygroscopes*.

6°. Si, pour soustraire à l'*hygromètre* cette *eau* supposée *dissoute* par l'*air*, on a recours à l'hypothèse, purement *gratuite*, d'une solution *sèche*, ou par *affinité élective*, tellement que l'*eau* ne passe point aux substances *hygroscopiques*, et ne puisse pas non plus être détachée de l'*air* par *refroidissement* (conditions liées l'une à l'autre), on tarit la source de la *pluie ;* car l'*eau* ne pourroit être séparée de l'*air* que par quelque autre *fluide* qui, ayant pour elle une affinité *prépondérante* à celle de l'*air*, la retiendroit comme l'*air* lui-même.

7°. L'hypothèse de la *dissolution* de l'*eau* par l'*air* est donc aussi inutile pour cet objet, que sans fondement ; elle est contraire de plus à l'expérience qui montre que tant que

l'*eau* conserve le premier état où elle a été réduite par l'*évaporation*, elle affecte l'*hygromètre* suivant les loix précises, d'après lesquelles, en y joignant le *thermomètre*, cet instrument indique toujours la quantité d'*eau* simplement *évaporée* qui se trouve mêlée à l'*air* au lieu et au moment de l'observation.

8°. C'est ainsi qu'on a reconnu d'abord, que la quantité de cette *eau* est toujours très-petite dans l'*atmosphère*, et qu'elle va en diminuant à mesure qu'on s'y élève, jusqu'aux plus grandes hauteurs qu'on ait pu atteindre.

9°. Enfin on s'est assuré encore par des observations immédiates, que les *nuages pluvieux* se forment et répandent beaucoup d'*eau*, dans les couches même de l'atmosphère où l'*hygromètre* et le *thermomètre* venoient d'indiquer que la quantité de cette *eau* étoit très-petite.

759. Tels sont les *faits* que je crois avoir mis au-dessus de tout doute dans les parties précédentes de cet ouvrage, et voici des conséquences qui en sont inséparables. 1. La *pluie* étant une grande masse d'*eau* qui se détache de quelque couche de l'atmosphère, ne peut provenir que d'un fluide *pondérable*. 2. Si l'on met à part la petite quantité de

vapeur aqueuse subsistant encore comme telle, et la quantité aussi petite de quelques *gaz*, il n'y a de fluide *pondérable* dans l'atmosphère que l'*air atmosphérique* lui-même. 3. Cependant la *vapeur aqueuse* s'élève sans cesse dans l'atmosphère, et c'est la *masse* qu'elle lui ajoute qui compense celle qu'elle perd par les *pluies*. 4. Il faut donc *nécessairement*, quelle qu'en soit la *manière*, que dans l'intervalle de l'ascension de la *vapeur* à la chute de la *pluie*, la *vapeur* change de forme et se convertisse en *air*, et qu'elle reprenne son premier état quand les *nuages* et la *pluie* se forment.

760. Voilà tout l'ensemble de ma *théorie météorologique* et de ses fondemens; personne n'avoit entrepris de la réfuter avant que *l'Académie de Berlin* l'eût prise pour sujet de sa question : M. ZYLIUS l'a entrepris dans son mémoire ; mais j'ai montré que ses objections ne provenoient que de ce qu'il n'avoit pas encore saisi un sujet aussi nouveau, aussi étendu et compliqué que l'est tout l'ensemble de l'*évaporation* et de ses suites; je l'ai développé maintenant et établi sur les bases solides de l'expérience et des principes reconnus en physique, et j'ai rempli ainsi la

condition à laquelle l'Académie avoit attaché, comme il l'est en effet, le sort de la *nouvelle théorie chymique.*

761. On ne m'objectera pas, j'espère, l'hypothèse de M. LAVOISIER, admise dans cette théorie, que l'*air atmosphérique* est un composé de deux espèces d'*airs;* puisque c'est une des propositions auxquelles s'opposent les faits que je viens d'établir. Cependant j'examinerai cette hypothèse en elle-même, comme je l'avois déjà fait aux §§. 725 et suivans de mes *idées sur la météorologie*, au temps même où je croyois encore à la *composition* de l'*eau.* M. LAVOISIER avoit cet ouvrage en sa possession tandis qu'il composoit son *Traité élémentaire de Chymie;* cependant il n'a point parlé de mes objections, que je vais rappeler ici.

762. Je commençai par montrer, que tous les phénomènes pour lesquels M. LAVOISIER supposoit deux *airs*, dont un seul y étoit propre, pouvoient s'expliquer par un seul *air*, qui perdoit un de ses ingrédiens, en diminuant de *masse* et de *volume;* ce que j'appuyai par des exemples; et qu'ainsi les deux hypothèses satisfaisant également à ces phénomènes, il falloit en chercher d'autres

classes qu'une des deux seule pût expliquer. J'opposai alors à la sienne, que l'*air atmosphérique* s'employant de bien des manières dans les opérations physiques sur notre globe, il falloit qu'il se réparât en quelque manière, et qu'il ne seroit pas probable que cette réparation se fît dans une proportion toujours la même des deux espèces d'*airs*. D'un autre côté, l'un des deux *airs* supposés, celui qui n'est pas *respirable*, étant sensiblement de moindre pesanteur spécifique que l'autre, il devroit s'accumuler dans les régions supérieures de l'atmosphère pendant les longs calmes, et l'air *respirable* demeurer presque seul dans les parties inférieures ; ce que la *respiration* feroit appercevoir, et on ne l'apperçoit point. Il est vrai que M. DE SAUSSURE a trouvé que le *gaz nitreux* diminuoit un peu plus l'*air* des hautes montagnes que celui des plaines; mais cette différence, qui se manifeste en tout temps, n'a aucune proportion avec celle qui auroit lieu dans les calmes par la différence de pesanteur spécifique des deux *airs*, et elle peut provenir de quelque autre mélange ; car on trouve aussi une plus grande diminution de l'*air* à la surface de la *mer* quand elle est agitée.

763. Pour rendre raison d'un mélange intime des deux *airs* supposés, M. LAVOISIER étoit obligé d'avoir recours à une *adhérence* entre eux, et alors, d'après la nature des *fluides expansibles*, il n'en faisoit qu'un seul *air;* mais malgré son génie et ses grandes connoissances en chymie, il n'appercevoit pas cette conséquence, parce qu'en général il ne s'étoit pas assez occupé des principes généraux, conclus de l'ensemble des phénomènes, et qui constituent la *physique*. Sur l'*expansibilité* en particulier, caractère distinctif des *substances* dont il alloit traiter *élémentairement*, il ne consacre que quelques pages du premier chapitre de son Traité; et après y avoir adopté tour-à-tour les idées opposées sur la nature du *calorique*, qu'il regarde comme la cause de l'*expansibilité* (sous le nom d'*élasticité*) dans les autres substances, il finit sur ce grand objet sans rien conclure; et cependant il se livre ensuite à des hypothèses sur la nature et les modifications des substances qui passent à l'*expansibilité*.

764. J'ai suivi dans ces études une route toute opposée, convaincu avec BACON (*Précis*, etc. Tom. I, pag. 315) qu'on ne sauroit raisonner avec aucune sûreté sur la forma-

tion et les modifications des *fluides expansibles* connus, sans avoir fixé, comme préliminaire, ce qu'on entend par l'*expansibilité*, qui est leur caractère commun ; j'ai déclaré, dès l'entrée de cet ouvrage, que j'adoptois à cet égard le système de DAN. BERNOULLI et de M. LE SAGE, développé par ce dernier, et porté jusqu'à la détermination de la *cause ;* c'est-à-dire que ces *fluides* consistent en des particules *discrètes* et *en mouvement.* Je n'ai jamais perdu de vue, dans toutes mes explications particulières des phénomènes, cette idée fondamentale ; et au contraire, j'en ai prouvé la réalité par des phénomènes de la *vapeur aqueuse*, de l'*air* et du *feu* inexplicables sans ce système ; ce qui l'a établi sur des phénomènes précis, en même temps qu'il étoit déjà le seul qui pût expliquer les phénomènes généraux des *fluides expansibles.* Or, d'après la nature si évidemment déterminée de ces substances, l'*adhérence* entre deux *gaz* ne pouvant avoir lieu que de *particule* à *particule* de chaque espèce, il en résulte nécessairement, d'après les phénomènes rapportés, que l'*air* de l'atmosphère est un *fluide* unique, dont chaque *particule*, par sa *composition* quelconque, a les propriétés connues dans ce fluide.

765. Nous revenons donc ainsi à la conclusion nécessaire des faits rassemblés ci-dessus relativement à la *vapeur aqueuse* ; savoir : que lorsqu'elle disparoît pour l'*hygromètre* dans l'atmosphère, elle y est convertie en ce fluide très-distinct qui porte le nom de *fluide atmosphérique*, et dont il s'agit de déterminer la *composition.* Mais est-ce dans nos *laboratoires* qu'on peut parvenir à l'*analyser* sûrement ? Quand on s'en étoit flatté, on avoit oublié encore ce qu'avoit manifesté BACON en diverses manières, des erreurs où l'on tombe presque inévitablement lorsqu'on tire des conclusions générales sur la nature des *substances*, sans embrasser tous les *phénomènes* auxquels elles participent. Quand on se borne à quelques-uns, il est bien rare qu'ils soient assez déterminés pour ne pas se prêter à diverses hypothèses, dont le choix ainsi devient arbitraire. C'est pour se garantir de cette indétermination, qu'il faut rassembler toutes les classes de *phénomènes* auxquels participe la *substance* dont on cherche la *nature*, parce qu'ils réfléchissent leur lumière les uns sur les autres, et font ainsi remarquer dans ceux-mêmes qu'on croyoit avoir bien déterminés d'abord, des circonstances, ou qu'on n'avoit pas

apperçues, ou qu'on n'avoit pas jugées importantes. C'est alors qu'on peut procéder par *exclusion*, quant aux *hypothèses* qui se présentent à l'esprit, et qu'on découvre les vraies *analogies* des causes supposées avec des causes connues. Or, quant à la connoissance de l'air *atmosphérique*, à quelle classe de *phénomènes* étoit-il plus nécessaire d'avoir recours, pour ne pas tomber dans l'erreur à l'égard de ceux qui se manifestent dans nos *laboratoires*, si ce n'est dans l'espace où il produit des effets si grands et si variés, l'*atmosphère* ?

766. C'est donc aux phénomènes *atmosphériques* qu'il falloit recourir avant que de fixer dans la *nouvelle théorie chymique*, par une *nomenclature* impérieuse, la nature de deux substances aussi importantes dans toute la *physique terrestre* que le sont l'*air atmosphérique* et l'*eau ;* substances intimement liées l'une à l'autre par des caractères communs, *consubstantialia*, disoit BACON, après une profonde généralisation des phénomènes *atmosphériques* (*Précis*, etc. Tom. II, p. 20). C'est à cet important sujet que je vais passer maintenant.

NEUVIÈME PARTIE.

*De l'*AIR ATMOSPHÉRIQUE *et des* FLUIDES *dont il est mêlé dans* l'ATMOSPHÈRE.

767. Je reviens à la seconde question de l'*Académie de Berlin* dans son programme. « Comment (demande-t-elle) en admettant » le *systême* de M. de Luc, peut-on déduire » de *principes physiques* la transformation de » la *vapeur aqueuse* en *air*, de manière qu'il » en résulte ensuite les *nuages* et la *pluie ?* » En rappelant déjà cette question au commencement de la Partie précédente, j'ai fait remarquer que si la certitude de mon *systême* étoit démontrée, il ne s'agiroit plus là que d'un *problême* dont il faudroit chercher la solution ; c'est donc sous ce seul point de vue que je me crois maintenant autorisé à la considérer. C'est là sans doute un *problême* aussi difficile qu'il est important dans la *physique terrestre ;* je ne prétends pas le résoudre formellement, mais je montrerai au moins que M. ZYLIUS portoit un jugement trop précipité lorsqu'il disoit à la p. 78 : « Ce qui » resteroit à découvrir quant au changement

» des *vapeurs* en *air atmosphérique*, est de » nature que *rien absolument* ne nous auto- » rise à espérer cette découverte dans l'*ave- » nir même le plus éloigné* ». Il ne faisoit pas attention alors à ce qu'il cite lui-même d'un jugement bien contraire du professeur Lichtenberg. « Cette difficulté (disoit-il) » prouve seulement qu'il est impossible de » détacher aucun théorême du système de » M. de Luc, à cause de l'étroite et forte » liaison qu'ils ont entre eux, sans tomber » dans des contradictions. C'est un grand » arbre qui embrasse toute la nature ». Je vais tâcher de justifier, en partie, ce jugement, trop honorable sans doute, en montrant les routes par lesquelles j'ai cru qu'on pourroit parvenir à cette découverte dont M. Zylius croyoit que *rien absolument* n'en donnoit l'espérance.

CHAPITRE PREMIER.

Considérations météorologiques, résultantes de la mesure des hauteurs par le baromètre, *et des* variations du baromètre sédentaire.

768. La *vapeur aqueuse* ne peut sans doute se transformer en *air* sans l'addition de quelque substance, ou simple, ou déjà composée, capable de produire entre le *feu* et l'*eau* une *affinité élective* qui résiste à la *compression* ou au *refroidissement*. Cette opération devant avoir lieu dans l'atmosphère, il faut que la substance qui produit ce changement s'y trouve sous la forme de *fluide expansible;* et puisqu'il faut aussi qu'elle soit enlevée à l'*air* par quelqu'autre substance, pour reproduire la *vapeur aqueuse*, et par elle les *nuages* et la *pluie*, il faut que de temps en temps quelqu'autre *fluide* se répande dans l'atmosphère, qui s'empare de la première de ces substances par une plus grande *affinité* qu'elle n'en a avec la *vapeur aqueuse*. Telle est la marche de l'opération, et la première question directe qu'elle fait naître est celle-ci : est-il quelque phénomène

atmosphérique dont on puisse conclure que les *fluides* de la classe à laquelle ceux-là doivent appartenir, c'est-à-dire sensiblement *impondérables* par leur ténuité, éprouvent des changemens dans l'atmosphère ?

769. Si M. ZYLIUS, envisageant l'objet sous ce point de vue, d'après la remarque générale de M. LICHTENBERG et quelques détails qui la suivent, auxquels j'aurai occasion de revenir, eût considéré les divers sujets de physique que j'ai traités dans mes ouvrages, il auroit peut-être fixé son attention sur l'ensemble de ce que j'ai publié concernant la *mesure des hauteurs* par le *baromètre*, et il auroit pu remarquer que quoique ce moyen de mesurer les hauteurs soit très-utile en lui-même, je n'ai été engagé successivement dans toutes les espèces de travaux qui m'ont conduit à déterminer le degré d'exactitude qu'on peut y attendre, que parce que j'y voyois une route s'ouvrir dans les *recherches sur les modifications de l'atmosphère;* ce qui fut le titre que je donnai, par cette raison, à mon premier ouvrage de météorologie. Je vais retracer les principes physiques de cette *mesure*, jusqu'au point où s'ouvre la perspective que j'ai en vue ici.

770. Le

770. Le *mercure* s'abaisse dans le *baromètre* à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère ; ainsi l'*air* fait *contre-poids* au *mercure* dans cet instrument. Tel fut le premier grand pas dans la météorologie expérimentale ; nous le devons à l'immortel Pascal, dont la sagacité pénétra le mystère *toricellien*, et sa conjecture à cet égard fut vérifiée par l'expérience. Mais quand le mercure a baissé d'un certain nombre de lignes dans le baromètre par une ascension dans l'*air* d'un certain nombre de toises, il ne baisse pas autant par une ascension d'un même nombre de toises, il baisse moins encore par une troisième ascension égale et ainsi de suite : l'*air* presse donc sur lui-même, et sa *densité* diminue ainsi à mesure que les colonnes supérieures deviennent plus courtes sur le lieu de l'observation. Tel fut le phénomène dont Pascal encore déduisit la première idée de la *mesure des hauteurs* par le *baromètre* ; ce qui exigeoit de chercher la *loi* des décroissemens de la *densité* de l'*air*, comparativement aux diminutions de *pression*. Des expériences immédiates, faites dans des tubes de verre, indiquèrent ensuite que la *densité* de l'*air* étoit *proportionnelle* aux *pressions*. C'est ce qu'on nomme communément la *loi*

de MARIOTTE; mais elle avoit déjà été trouvée par un jeune anglois, disciple du grand BOYLE nommé RICHARD TOWNLEY.

771. Il falloit un *coëfficient* à cette *loi*; et on le chercha par des observations du *baromètre* dans des lieux successivement plus élevés, dont les hauteurs étoient connues, mais on ne trouva rien de fixe. Alors on suspecta la *loi*, et l'on essaya de la changer; d'autres aussi changèrent le *coëfficient*, et comme cela n'avoit encore conduit à rien de fixe, les derniers observateurs en avoient conclu que l'*air* n'étoit pas d'une nature constante; ainsi l'on avoit abandonné l'entreprise, lorsque je la repris avec le dessein de chercher les causes de ces grandes anomalies. Pour fixer un *coëfficient* à une *loi* quelconque dans cette mesure, il falloit déterminer le rapport des pesanteurs spécifiques du *mercure* avec l'*air* sous une *pression* déterminée; mais deux choses s'opposoient à trouver ce rapport avec les *baromètres* de ces temps-là : il falloit que le *mercure* y fût réellement suspendu dans le *vide*, et il ne l'étoit pas; ce qui étoit la cause que les *baromètres* ne s'accordoient point entre eux : il falloit aussi que le *mercure* pût être considéré comme étant d'une *pesanteur spécifique*

constante, et elle varie par les différences de la *chaleur*. Ainsi, produire l'*uniformité* dans les *baromètres*, et leur appliquer une équation pour les différences de la *chaleur*, afin qu'ils indiquassent exactement les *pressions* exercées sur l'*air* du lieu par les colonnes supérieures, furent mes premiers pas dans cette recherche; le reste devoit dépendre des rapports que je trouverois entre les *colonnes d'air* de hauteurs déterminées, mesurées à diverses hauteurs sur les montagnes, et les *différences* de hauteur du *mercure* dans le *baromètre* observé à leurs deux extrémités.

772. Mais ce fut alors que les difficultés se manifestèrent, par les différences que je trouvai entre des résultats où le *baromètre* lui-même ne pouvoit plus produire d'erreur. Des observations correspondantes en deux stations à différentes hauteurs, répétées de quart d'heure en quart d'heure pendant tout un jour depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, me firent découvrir une autre grande cause d'anomalies dans les expériences précédentes; savoir : les différences produites dans la *densité* de l'air sous les mêmes *pressions*, par les variations de la *chaleur*; ce qui me conduisit à un cours d'expériences

comparatives des *rapports* des *hauteurs* du *mercure* dans le *baromètre*, observé aux deux extrémités des mêmes *colonnes d'air* de hauteurs mesurées, et à différentes élévations absolues avec la *température* de ces *colonnes*, pour déterminer trois choses : 1°. la *loi* des *densités* de l'*air* suivant les *pressions* ; 2°. un *coëfficient* de cette *loi* pour un *air* d'une *température* déterminée ; 3°. une *équation* pour ramener les observations à ce qu'elles auroient été par cette *température* fixe, comme je l'avois fait à l'égard du *baromètre*. Je ne trouvai aucune *loi* plus exacte que celle où les *densités* sont rendues proportionnelles aux pressions; mais quant à son *coëfficient*, et à l'*équation* pour les différences de la *chaleur*, conditions nécessairement liées l'une à l'autre, par la nécessité d'une *température* fixe pour le *coëfficient*, je trouvai des résultats sensiblement différens en les concluant de différentes suites d'observations; de sorte que je fus obligé de me réduire à la plus grande *approximation*, en multipliant les expériences; et c'est par un milieu entre les *anomalies* de cinq à six cents observations que j'ai fixé ces deux parties de ma *formule*.

773. Mais si ces *anomalies* diminuent la certitude de la mesure des hauteurs par le

baromètre (plus sûre néanmoins dans bien des cas que la mesure trigonométrique, à cause des *réfractions*) elles deviennent un grand objet en *météorologie*, et c'est sous ce point de vue que je les ai considérées. Si les *colonnes atmosphériques* étoient toujours *homogènes*, la manière dont mes expériences étoient conduites auroit dû fournir une mesure exacte des hauteurs. Car l'effet de la *pression* sur un *fluide* toujours de même à tous égards, devroit être le même ; le *baromètre*, observé aux deux extrémités d'une *colonne*, indiquoit sûrement toujours les rapports des *pressions;* et quant aux effets de la *chaleur* sur ces *colonnes*, si elles eussent toujours été de même nature, ces effets demeurant les mêmes, une *équation* déterminée par l'expérience auroit ramené sûrement les observations à ce qu'elles auroient été par une *température* fixe, comme cela a lieu pour le *baromètre*. Puis donc que cela n'est pas; puisqu'il faudroit changer, ou l'*équation* pour la *chaleur*, ou le *coëfficient*, non seulement entre diverses suites d'expériences faites dans les mêmes lieux, mais souvent pour les expériences d'une même suite, faites dans le même jour, à diverses hauteurs, les *colonnes atmosphériques* ne conservent pas

l'*homogénéité* qu'exigeroit ce moyen de mesurer leur hauteur pour être exact. Tel est le résultat physique de tout l'ensemble de mes expériences, et les premiers physiciens qui conclurent de la variété des résultats d'autrefois, que l'*air* n'étoit pas d'une *nature* constante, ne se trompoient que sur le degré.

774. Maintenant, qu'est-ce que la *chaleur*, pour les différences de laquelle une *équation* a été nécessaire dans cette *mesure*, afin de l'amener au degré d'exactitude qu'elle a acquis ? C'est l'action d'un *fluide expansible*, qui tend à écarter les molécules des corps, et qui, en particulier, écartant les particules de l'*air* sans leur ajouter un *poids* sensible, les fait résister davantage à la *pression* qui s'exerce sur elles ; de sorte que l'*air* est moins *dense* sous une même *pression*, quand il est mêlé d'une plus grande quantité du *fluide* nommé *feu*. Supposons que ce *fluide* ne fût ni assez subtil, ni doué d'une force expansive assez grande pour pénétrer les solides et les liquides et les dilater, nous n'aurions point alors de *thermomètre*, ni par conséquent de mesure des différences de sa quantité mêlée à l'*air* en différens temps. Nous avons cet instrument, et il sert à corriger avec précision les effets d'une des causes d'*anomalies*

dans les rapports des *densités* de l'*air* aux *pressions* qui s'exercent sur lui ; nous savons certainement que cette cause est le mélange d'un *fluide* qui, en occupant de l'espace entre les particules de l'*air* à proportion de sa quantité, diminue proportionnellement leur quantité dans un même espace, sans y ajouter un *poids* sensible. Mais toutes les *anomalies* dans le rapport des *densités* de *l'air* aux *presssions* ne sont pas encore corrigées par l'*équation* pour les différentes quantités du *feu*. Or l'analogie conduit à penser que la cause de celles-ci est de même genre ; savoir : un mélange variable d'autres *fluides*, si non aussi absolument *impondérables* pour nous que le *feu*, du moins tels que leur *force expansible* est très-grande comparativement à leur *masse* ; mais nous n'avons jusqu'ici aucun moyen direct de les découvrir, faute de quelque instrument qui soit à leur égard, comme le *thermomètre* à l'égard du *feu*, ou l'*électomètre* à l'égard du *fluide électrique*, ou enfin l'*hygromètre* à l'égard de la *vapeur aqueuse*.

775. Voilà un des *fils* que j'avois fournis pour la recherche des *fluides* mêlés à l'*air* dans l'atmosphère ; et à ce point seulement M. ZYLIUS ne pourroit pas dire avec raison,

» qu'il n'étoit que le *besoin* de mon *système* », puisqu'en tirant cette conclusion de l'ensemble de mes expériences *barométriques*, j'étois loin encore de prévoir qu'elle conduiroit à la transformation de la *vapeur aqueuse* en *air;* mais suivons ce *fil* dans le cours d'autres expériences déjà rassemblées dans mes premiers ouvrages.

776. Quand cette perspective s'ouvrit devant moi, ce fut vers la *vapeur aqueuse* elle-même que je tournai mes regards. J'avois déjà conclu, de diverses observations, que ce *fluide* étoit le produit constant et unique de toute *évaporation*, et que sa *pesanteur spécifique* étoit moindre que celle de l'*air;* ce qui me conduisit directement à penser que les différences de sa quantité dans les *colonnes atmosphériques* devoient y changer le rapport des *densités* aux *pressions;* et bientôt il me vint en idée que c'étoit aussi là un *fil* qui conduisoit aux *variations* du *baromètre sédentaire*, par les changemens de *pression* des *colonnes atmosphériques* dans les mêmes lieux, suivant qu'elles étoient plus ou moins mêlées de ce fluide. Or, les *hygroscopes* étant à la *vapeur aqueuse* ce que les *thermoscopes* sont au *feu*, je vis la nécessité, pour la météorologie, d'un instrument

comparable de cette première espèce, et je me livrai à sa recherche. J'éprouvai bien des difficultés, et je fus long-temps avant que d'arriver à mon premier *hygromètre ;* de sorte que, dans l'intervalle, je fis beaucoup de travail sur l'ensemble de mes expériences *barométriques*, en les rangeant dans différentes tables, suivant l'ordre des *hauteurs absolues* du *baromètre*, suivant celui des *températures absolues*, et suivant les *hauteurs absolues* des lieux, pour comparer les *anomalies* qui restoient à ces différentes circonstances. J'ai donné ces détails dans mes *Rech. sur les mod. de l'Atmosphère*; ainsi je me bornerai aux considérations qui regardent les *variations* du *baromètre sédentaire.*

777. Quoique l'*air* soit un *fluide expansible* sans limite, la *gravité* le retient auprès de la terre, de même que tous les autres *fluides* proprement *atmosphériques*. On peut donc considérer ces *fluides* comme formant des *couches* concentriques de *densités* égales à même hauteur, tant que des causes locales ne troublent pas cette *loi*, qui tend néanmoins toujours à rétablir le même ordre quand il a été troublé. Si la quantité de *fluide* vient à augmenter dans un certain espace, les colonnes s'y élèveront d'abord, mais bientôt

elles se *verseront* vers les espaces qui n'éprouvent pas ce changement. Si le *fluide* qui produit cet alongement momentané est d'une *pesanteur spécifique* moindre que celle de l'*air*, les *colonnes* presseront moins sur leur base : voilà d'où je partis, et ce n'étoit pas une simple déduction de la nature des fluides expansibles, j'avois, dans les effets des variations de la *chaleur* sur les colonnes atmosphériques, une preuve directe que je rapporterai ci-après, que les choses se passent ainsi. Voilà donc où je cherchai l'explication des *variations* du *baromètre sédentaire* et de leurs rapports (jusqu'à un certain point) avec la *pluie* et le *beau temps ;* car je ne doutois pas alors que la cause immédiate de la *pluie* ne fût une plus grande abondance de la *vapeur aqueuse*, en même temps que cette circonstance devoit produire une diminution dans la *pression* des *colonnes atmosphériques* sur leur base. C'est ce que je développai dans mon ouvrage, toujours néanmoins en attendant le témoignage de l'*hygromètre ;* de sorte que lorsque je publiai cet ouvrage, auquel j'eus le temps de joindre un appendice renfermant de premières observations *hygroscopiques* sur les hautes montagnes, ce système sur les rapports de la *pluie*

et du *beau temps* avec les *variations* du *baromètre* se concilia plus de confiance de la part des physiciens que je n'en conservois moi-même, parce que j'avois déjà été frappé des symptômes de *sécheresse* dans ces régions même de l'atmosphère où se forment les *nuages* et la *pluie*.

778. Les observations que je fis ensuite avec mon premier *hygromètre* augmentèrent mon doute, ayant trouvé l'*air* plus *sec* qu'il ne l'est le plus souvent à la plaine, dans une couche où les *nuages* se formoient déjà pour une grande *pluie* qui survint bientôt; et quelque temps après M. DE SAUSSURE publia ses *Essais d'Hygrométrie*, dans lesquels, après avoir déclaré qu'il avoit accordé d'abord à mon système sur les *variations du baromètre* autant de confiance que s'il l'eût déduit lui-même de ses observations, parce qu'il avoit trouvé, par des expériences directes, que la *vapeur aqueuse*, produit de l'*évaporation*, étoit un *fluide* spécifiquement plus *léger* que l'*air*, il renversa néanmoins ce système par des preuves péremptoires que l'atmosphère ne renfermoit jamais, à beaucoup près, une telle quantité de *vapeur aqueuse*, que ses *différences* pussent expliquer

ni les *variations du baromètre*, ni les *anomalies* dans la *mesure barométrique* des hauteurs, ni la *pluie :* conclusion que je ne balançai pas d'admettre, quoique opposée à mon système, parce que ses expériences ne laissoient aucun doute sur leur exactitude; et je les ai confirmées dans cet ouvrage par les miennes.

779. Voilà sans doute un grand changement dans la conclusion *secondaire* que j'avois tirée de mes expériences *barométriques ;* mais les premières conclusions étant *immédiates*, ne changeoient point pour cela : il est toujours vrai que la partie des changemens de rapport dans les colonnes atmosphériques entre les *densités* et les *pressions* qui n'est pas expliquée par les différences des quantités de *feu* mêlées à l'*air*, ne sauroient provenir que des différences dans le mélange d'autres *fluides*, qui changent la *pesanteur spécifique* des colonnes ; il est toujours vrai aussi, que les *variations du baromètre* ont ce rapport avec la *pluie* et le *beau temps*, que la première est annoncée très-souvent par une diminution de *pression* des colonnes atmosphériques sur leur *base*, qui, jusqu'à un certain point, annonce aussi

un changement dans la nature des colonnes. Ce qui me conduit à parler de ce phénomène du *baromètre*, pour y établir une distinction nécessaire.

780. L'ascension de la *vapeur aqueuse* dans l'atmosphère fait certainement la compensation de la *pluie* qui en tombe ; mais la première est continuelle, au lieu que la dernière n'a lieu que de temps en temps, et quelquefois avec de grands intervalles; ainsi la *masse* totale de l'atmosphère éprouve des changemens, et le *baromètre* doit les annoncer. Si dans une grande étendue de la terre et pendant un temps assez long, la quantité de *pluie* ne compense pas celle de l'*eau* qui s'évapore des eaux et du sol, la *masse* de l'atmosphère doit y augmenter, et les parties éloignées, quoi qu'il leur arrive d'ailleurs à cet égard, y participent ; car les *colonnes d'air* s'élevant dans l'espace où la *masse* augmente, elles se versent au loin sur les autres colonnes, et le *baromètre* doit y *monter* par cette cause, indépendamment de ce qui arrive dans les colonnes même qui reposent sur lui. L'effet inverse arrivera, si, dans quelque grand espace éloigné et pendant long-temps, la quantité de *pluie* surpasse la quantité d'*eau*

qui s'élève dans l'atmosphère par l'évaporation. C'est ce qui explique le phénomène du *baromètre* dans la région de l'équateur, où ses *variations* sont très-petites. Là les saisons des *pluies* sont périodiques. Durant la saison du *beau temps*, la masse de l'atmosphère y va en augmentant par l'*évaporation* et la transformation de la *vapeur* en air; mais à mesure que les *colonnes* s'élèvent, elles se versent vers les lieux où elles se trouvent plus abaissées; ainsi l'accroissement de la masse ne s'y accumule pas. Dans la saison des *pluies*, la masse diminue, mais les colonnes ne commencent pas plutôt à s'abaisser par-là, que l'air des colonnes plus élevées y afflue, ce qui répare la diminution de la masse. Ainsi de grandes *variations* du *thermomètre* ne peuvent avoir lieu que dans les latitudes où il n'y a rien de régulier quant au *beau temps* et à la *pluie*, dont les causes immédiates influent rarement seules dans la *pression* que les colonnes d'*air* exercent sur leur base, la seule chose indiquée directement par le *baromètre*, et à laquelle participent des changemens étrangers à ceux qui déterminent la *pluie* ou l'*air serein*.

781. Ce n'est donc pas directement le plus

ou moins de hauteur du mercure dans le *baromètre*, qui peut annoncer le *beau temps* ou la *pluie ;* cependant il y a une liaison indubitable entre ces choses, dont il résulte, toutes choses d'ailleurs égales, que lorsque les *pluies ordinaires* se préparent, l'*air* devient spécifiquement plus *léger* par quelque nouveau mélange. Quelquefois cette cause concourt, avec un transport de l'air de ces colonnes, ailleurs, pour faire baisser le *baromètre ;* d'autres fois elle est traversée par l'*air* qui afflue d'ailleurs dans le haut des colonnes ; ce qui rend irrégulier et même quelquefois équivoque le langage du *baromètre*, mais qui ne détruit pas les *pronostics ;* et ils sont certainement liés à un changement de *pesanteur spécifique* des *colonnes atmosphériques*, qui ne pouvant procéder d'un changement dans la *nature* de l'*air* lui-même, ne peut venir que d'un changement dans la *nature* des *fluides* dont il est *mêlé* dans l'atmosphère.

782. Telle est la conclusion de tout l'ensemble des observations et expériences faites avec le *baromètre*, et nous ne sommes pas sans des indices directs de changemens dans les *fluides* dont l'*air* est mêlé. Déjà M. DE

SAUSSURE nous a fourni un *fil* dans cette recherche par son *cyanomètre*, servant à déterminer les nuances de la *couleur bleue* du ciel. On sait que cette ingénieuse invention consiste en un cercle de carton autour duquel un limbe divisé en 12 parties présente 12 nuances de *bleu*, et qu'en le présentant vers le ciel, on observe à laquelle de ces nuances correspond sa couleur. Quand on fait cette observation en s'élevant sur les montagnes, on voit d'ordinaire la teinte du ciel correspondre successivement à des numéros plus foncés; et l'on trouve une différence de même genre dans la nuit, par la diminution de la clarté vague du fond sur lequel paroissent les étoiles, tellement que sur les hautes montagnes, on les voit quelquefois comme des diamans sur du velours noir. Mais cette teinte change, pour les hautes montagnes comme pour les plaines; ce qui procède de plus ou moins de *transparence* de l'*air*. On est porté à croire que ce sont des *vapeurs* qui troublent sa *transparence*, mais ce n'est pas du moins la *vapeur aqueuse;* car l'*hygromètre* n'indique point ces changemens; mais la *visibilité* des objets éloignés leur est correspondante. Or on a observé à

à Gênes à l'égard de l'île de Corse, et à Montpellier pour les Pyrennées, que la *transparence* de l'*air* qui permet de voir ces objets éloignés, est un signe de *pluie*, et que son *opacité* qui les cache sans nuages, annonce la durée du *beau temps*. Voilà donc une nouvelle route qui conduit directement à la certitude d'un état changeant de l'atmosphère quant à des *fluides* distincts de l'*air* dont nous n'avons encore connoissance que par un changement d'*aspect* de la masse, et qui ont quelque relation avec la *pluie* et le *beau temps* : durant l'influence de ces *fluides*, la *vapeur aqueuse* se transforme en *air*, et l'autre s'assemblant dans les couches supérieures, ou achevant de s'y composer, s'y combine avec celui-là, et fait tourner l'*air* à son premier état de *vapeur aqueuse*. Or rien n'autorise à croire que ces *fluides* resteront toujours indéterminés pour nous, que nous n'aurons aucun moyen de les distinguer, si ce n'est pas par de nouveaux effets chymiques que nous puissions diriger, du moins par des différences dans des effets déjà connus.

783. Jusqu'ici je n'ai considéré que les *pluies communes* qui embrassent de grandes

masses de l'atmosphère tant en étendue qu'en hauteur ; ce sont celles-là dont les préparatifs peuvent être annoncés par le *baromètre*. BACON recommandoit beaucoup d'étudier les *pronostics* des événemens naturels. « Si le » sujet (disoit-il) est d'une nature régulière et » constante, la *prédiction* peut devenir sûre; » s'il est d'une nature compliquée. . . . la » *prédiction* est plus ou moins précaire. . . . » Cependant, à l'égard même des objets très- » variés, si l'on y cherche avec soin des » *canons* (règles ou principes), la *prédiction* » sera souvent accomplie, à l'exception du » *temps* précis. A l'égard du *temps* auquel » l'événement arrivera, ou se complettera, » plusieurs *prédictions* pourront même être » fixées avec certitude, du moins celles où les » *causes* se manifestent déjà en quelque sorte » développées dans les *préludes* de l'événe- » ment comme étant *plus près* de produire » leur *effet* ». (*Précis*, etc. t. II, p. 18). C'est en prenant pour exemple l'objet conjoint des *vents* et de la *pluie*, que BACON posoit et développoit ce précepte. Le *baromètre* n'étoit pas encore connu, et cependant il recommandoit d'étudier les *fluides subtils*, les *exhalaisons*, qui augmentent le *volume* sans augmenter proportionnellement

la *masse* de l'atmosphère, et d'y chercher des *pronostics* pour la *pluie*, et ses rapports avec les *vents*.

784. Mais si les *pluies ordinaires* ont obligé d'embrasser tout le champ que j'ai parcouru pour montrer directement des indices de différens mélanges de l'*air* avec d'autres *fluides* dans l'atmosphère, les *pluies soudaines* que le *baromètre* n'annonce pas, ou qu'il accompagne par des mouvemens subits; ces énormes masses d'*eau* qui se détachent quelquefois tout-à-coup d'une seule couche de l'atmosphère auparavant *sèche* et transparente; ces *coups-de-vent*, ou *grains* (comme on les nomme en mer), et tous les autres effets qui les accompagnent souvent, montrent par de grands symptômes, qu'il se passe dans cette partie de l'atmosphère quelque opération *chymique* qui a exigé de nouvelles *substances*; et puisque ce n'est pas du *gaz inflammable* (ou prétendu *hydrogène*) qui vient produire ces *déluges*, comme je l'ai montré au §. 748, il faut bien qu'ils procèdent d'une *décomposition* de l'*air atmosphérique* par quelque nouveau *fluide* qui vienne s'y mêler, et en même temps de quelque espèce de *décomposition* capable de produire ces grands phénomènes locaux. Or à cet égard encore,

nous ne sommes pas sans quelques indices de ce qui peut se passer dans ces *couches*, qui en distingue les phénomènes de ceux des *pluies ordinaires*. Il faut pour cet effet rassembler d'autres phénomènes *atmosphériques*, en suivant l'exemple que nous a laissé BACON, par de simples *essais*, pour indiquer comment on devroit combiner les *phénomènes* quand l'observation et l'expérience seroient plus avancées.

CHAPITRE II.

Des modifications ordinaires du FEU, *du* FLUIDE ÉLECTRIQUE *et de la* VAPEUR AQUEUSE *dans l'atmosphère; et à cette occasion, de la* ROSÉE, *des* BRUMES *et des* BROUILLARDS.

785. L'objection la plus plausible que M. Zylius ait faite contre la *transformation* de la *vapeur aqueuse* en *air* dans l'atmosphère, et une objection même qui, par sa marche physique, m'a fait beaucoup regretter que mes ouvrages ne lui fussent pas assez connus, est la suivante, pag. 87. « Quand l'*eau* » est *composée*, dit M. de Luc, elle se change » en *air*; et quand les *nuages* et la *pluie* » se forment, l'*air* se change en *eau*. Dans » cette opération, la masse de l'*air* se dé- » compose entièrement, et se réduit en ses » parties constituantes; ces parties sont l'*eau*, » le *feu*, et une troisième substance qui » donnoit *permanence* à la *vapeur aqueuse*. » Dans le phénomène de la *pluie*, nous » voyons l'*eau* tomber. Il est évident que » d'un autre côté le *feu* doit se trouver

» *libre*. Si l'on se rappelle maintenant cer-
» taines *ondées* fortes et continues ; si l'on
» songe à l'immense quantité d'*eau* qui en
» résulte ; car ce n'est pas par livres (dit
» le prof. LICHTENBERG), c'est par *milliers*
» *de quintaux* qu'elle se précipite des ré-
» gions supérieures ; si l'on pense à la quan-
» tité tout aussi prodigieuse de *feu* qui doit
» se trouver *libre* en même temps, on s'at-
» tendroit à la conflagration du ciel et de
» la terre, et à la fusion des élémens par la
» *chaleur*. Si la quantité de *feu*, dit M. de
» Luc, devenu *latent* dans la *vapeur*. . .,
» venoit à être mise en liberté dans une
» substance non-évaporable et qui eût la
» même *capacité* que l'*eau*, elle éleveroit
» une masse de cette substance égale à celle
» de l'*eau* contenue dans la *vapeur* au de-
» gré 943 de Fahrenheit. . . . On a lieu de
» supposer, ajoute là-dessus M. LICHTEN-
» BERG, que les fluides qui ont l'aggrégation
» liquide, et les *vapeurs* quand elles pren-
» nent l'aggrégation *aériforme*, cohobent une
» bien plus grande quantité de *feu*; et cela
» explique comment la *chaleur* doit devenir
» excessive, quand des *gaz* sont décomposés
» et contraints de passer de leur état d'ex-
» pansibilité à celui de liquidité. . . En un

» mot, notre *atmosphère* est une mer de
» *feu*, qui pourroit consumer la terre s'il
» étoit mis en liberté.

» Notre hypothèse commence à prendre
» un caractère formidable; car une décom-
» position n'a-t-elle pas lieu dans ce redou-
» table océan aussi souvent qu'il *pleut?* et
» dans certaines *ondées* ou *chûtes de nua-*
» *ges*, ne doit-elle pas être suffisante pour
» consumer, si ce n'est la terre, du moins
» quelque ville ou village? Heureusement
» que, sur ce point *encore*, les résultats de
» l'expérience sont diamétralement contraires
» à l'hypothèse de M. de Luc; il est *connu*
» que par la *pluie* l'air est *rafraichi*, et que
» si cela n'arrive pas, c'est une exception
» très-rare à la règle générale. Qu'est donc
» devenu tout ce *feu* libéré? On n'y pense
» pas sérieusement quand on répond, comme
» M. Lampadius, que le *feu* devenu libre
» peut être retenu dans les régions supérieu-
» res. . . . On ne sauroit non plus avancer
» que ce *feu* est réuni à l'*eau* tombante,
» pour former de nouvelle *vapeur aqueuse*
» et de nouvel *air*; car dans cette supposi-
» tion, toute l'*eau* mise en liberté seroit
» employée sans cesse à cette recomposition
» de *vapeur* ».

786. C'est-là sans doute une considération essentielle ; ici M. ZYLIUS étoit vraiment *au foyer* de la question ; mais c'est en même temps ce qui auroit exigé une plus grande connoissance de tout ce que j'ai établi dans mes ouvrages, et il ne l'a pas montrée en ne trouvant rien qui pût tendre à la solution de ce problême, dans un passage qu'il cite ensuite de M. LICHTENBERG. Après ces mots, que j'en ai déjà rapportés : « Toutes les pro- » positions du systême de M. de Luc sont » comme les rameaux d'un grand arbre qui » embrasse la nature ». Ce physicien ajou- toit, ce que cite aussi M. ZYLIUS : « La doc- » trine de l'*air atmosphérique* est *insépara-* » *blement* liée à celle du *feu* et du *fluide* » *électrique*. Qu'on suive seulement les indi- » cations fécondes que donne M. de Luc » sur les parties constituantes du *fluide élec-* » *trique*, et sur les *substances* qui donnent » à l'*eau* la permanence aériforme, et la » difficulté s'évanouira ». Tel sera donc le sujet de ce chapitre ; mais auparavant je dois faire remarquer une méprise dans l'objection précédente.

787. M. ZYLIUS regarde comme des cas très-rares ceux où la *pluie* est accompagnée d'une augmentation de *chaleur* dans l'atmosphère ;

mais il faut distinguer les saisons. En été, où l'atmosphère est habituellement *chaude* dans la région inférieure, l'augmentation de la *chaleur* est un cas rare dans les plaines, et elle est plutôt un *prélude* qu'une *suite* de la *pluie ;* la suite est d'ordinaire une diminution de *chaleur*, par l'*évaporation* des gouttes d'eau dans leur trajet au travers des couches inférieures aux *nuages*, et par celle de l'eau répandue sur le sol, qui absorbent une partie du *feu* libre dans l'air, en même temps que les rayons du soleil sont retenus par les nuages. En *hiver*, au contraire, la formation de la *pluie* est toujours accompagnée d'une augmentation de *chaleur ;* et il en est de même pendant la nuit en *été*, et dans toutes les parties du jour en *hiver* sur les montagnes. Tels sont les faits; mais dans les cas où la formation de la *pluie* augmente la *chaleur* dans l'atmosphère, ce n'est pas, comme M. ZYLIUS le pense par erreur, « que dans » cette opération l'*air* se décompose *entiè-» rement*, et soit réduit en ses *parties cons-» tituantes* » ; car cela embrasseroit la *décomposition* même du *fluide* qui, s'unissant à la *vapeur aqueuse*, la transforme en *air*, fluide qui est composé de *feu* et d'autres substances. C'est ce *fluide* qui est enlevé à

l'*air* par son *affinité prépondérante* avec quelque autre, dont se forme un composé que nous ne connoissons pas encore, et c'est sous ce point de vue que MM. LAMPADIUS et LICHTENBERG ont pu dire que *ce feu demeuroit dans les régions supérieures*. Ainsi le *feu* libéré n'est que celui qui appartenoit à la *vapeur aqueuse* devenue libre, qui se décompose par trop de *densité*, pour former les *nuages* et la *pluie*.

788. Examinons la différence des cas où les *fluides aëriformes* se décomposent *entièrement*, d'avec celui-là. Je prendrai pour exemple l'*air inflammable* et l'*air vital*. A la formation de ces *gaz*, les substances *ténues* qui les distinguent respectivement, s'unissant au *feu*, forment des composés expansibles qui s'emparent de l'*eau* par *affinité élective* ; ce sont les *fluides*, différens du *feu*, mais le contenant, que M. MONGE a supposés s'unir à l'*eau* elle-même pour former ces *gaz* : ils peuvent donc être mêlés au *feu* libre et à l'*eau*, sans éprouver aucun changement, parce que leurs composans par *affinités électives* sont dans l'état de *saturation*, et ne peuvent être séparés que par l'*affinité prépondérante* de quelque nouvelle substance. Dans leur décomposition mutuelle

par *ignition*, leurs deux substances *distinctives* s'unissent entre elles par une *affinité* de ce genre, et forment un nouveau *composé* que nous n'avons pas encore appris à connoître par des caractères distinctifs. L'*eau* et le *feu* deviennent alors *libres*, et le premier effet est la production d'une *vapeur aqueuse* si dense qu'elle fait *explosion*, et qu'elle rompt les vaisseaux (comme cela peut arriver dans le *digesteur de Papin*) quand ils ne sont pas assez forts pour lui résister: mais à l'instant le *feu*, trop dense lui-même, se décompose en partie, ce qui le rend *lumineux*, et le reste s'échappant au travers du vase, la *vapeur aqueuse* se décompose jusqu'au *maximum* correspondant à la *température* du lieu, et l'excédent de l'*eau* se dépose.

789. Il en est de même jusqu'à un certain point, lorsque, par *ignition*, le *gaz inflammable* se décompose avec une partie de l'*air atmosphérique*. Alors la substance *ténue* distinctive de l'*air inflammable*, que j'ai nommée le *phlogistique* (pour retenir ce nom consacré par STAHL, et illustré par PRIESTLEY, parce qu'il répond à des phénomènes très-précis) s'unit à la substance *ténue* distinctive de l'*air vital*, qui fait partie du *fluide* par lequel la *vapeur aqueuse* a été changée

en *air atmosphérique*. La *masse* de ce dernier est par-là diminuée, et le résidu est un autre *fluide aëriforme*, le *gaz méphitique*, ou l'*air phlogistiqué* du docteur PRIESTLEY, dont la *composition* reste encore un mystère, quoique dans la *nouvelle théorie chymique* (où l'on a *coupé* tant de *nœuds* dans la physique, au lieu de chercher à les *dénouer*) on l'ait réduit à une substance *simple* unie au *feu*. Mais ici je rappellerai une remarque générale que j'ai présentée plusieurs fois aux auteurs de cette *théorie*.

790. Un système *météorologique* qui contrediroit des faits manifestés clairement et sans possibilité d'*équivoque* dans nos laboratoires, seroit sans doute erronné ; car les mêmes *causes* doivent produire les mêmes *effets* dans les cas semblables, soit que ces cas soient amenés dans le cours des *événemens naturels*, soit qu'ils soient arrangés par l'intervention des hommes. C'est ce que BACON développe très-bien, en considérant sous un point de vue général l'*observation* et l'*expérience*, soit les *causes naturelles* dans leur état *libre*, et les *mêmes causes* dans leur *assservissement* par les hommes (*Précis*, etc. Tom. I, pag. 167). Mais les opérations des *causes naturelles* dans leur état

libre sont si grandes, si variées, si liées entre elles, que si par-là il est difficile de découvrir leur *nature* par leurs *effets*, on est bien plus sûr de ne s'y pas méprendre, que lorsqu'elles sont *asservies* par nos manipulations, qui peuvent y introduire des *causes étrangères* à notre insu. Sans doute que pour accélérer, et quelquefois rendre possible la découverte des *causes*, il faut ajouter l'*expérience* à l'*observation* par certains arrangemens de circonstances qui ne se trouvent que rarement, ou peut-être jamais dans le cours des événemens naturels, en même temps que quelques-unes des *causes* qu'on met en action peuvent être connues. Mais l'*expérience* doit être *assistante* et non *maîtresse*; elle fait partie des moyens de recherches, et non le tout; et l'on ne peut rien décider par elle avec sûreté, tant qu'on ne fait pas intervenir dans ses décisions l'*observation* des *phénomènes spontanés* qui ont du rapport avec les objets dont elle s'occupe.

793. C'est donc aux *phénomènes météorologiques* que j'ai comparé la *nouvelle théorie chymique*. Je n'ai jamais perdu de vue ceux qui se manifestent dans nos manipulations de l'*air atmosphérique*, et les changemens qu'elles lui font subir, et je me suis assuré

que je ne contredisois aucun fait certain, quand j'ai déterminé sur ce *fluide* le système dont on a vu dire à M. ZYLIUS (§. 739): « Quelle est l'hypothèse où l'on admette un » aussi grand nombre de *substances* » ? Ce n'est pas sans doute dans celle de la *nouvelle théorie chymique* ; mais aussi qu'explique-t-elle dans les *phénomènes atmosphériques* ! C'est d'après ces phénomènes que j'ai conclu que le *fluide* par lequel la *vapeur aqueuse* est convertie en *air* dans l'atmosphère, est composé de diverses *substances*, en même temps que ses phénomènes dans nos opérations manifestent déjà une de ces substances, celle qui distingue l'*air vital* ; que le *feu* fait aussi partie de ce *fluide* ténu ; mais que dans les *pluies ordinaires* aucun des *ingrédiens* de celui-ci ne l'abandonne ; qu'il ne se *décompose* point, étant seulement enlevé par un autre *fluide* auquel il s'unit : alors la *vapeur aqueuse* redevient libre, trop dense pour se conserver en entier vu la *température* ; elle forme donc les *nuages* et la *pluie* : mais que devient ensuite la quantité de *vapeur* qui pourroit demeurer dans cette *température* ? Voilà encore une question que M. ZYLIUS n'avoit pas plus considérée que les auteurs de la *nouvelle théorie chymique*.

Le *maximum* de la *vapeur aqueuse* existante produit toujours *l'humidité extrême ;* par quelque cause qu'elle dépasse ce *maximum*, quelque précipitation d'*eau* qui en résulte, ce *maximum* devroit toujours subsister quand cette cause cesse ; et cependant les *nuages* ne sont pas plutôt dissipés dans la couche d'air qui vient de produire la *pluie*, qu'on y trouve l'air *très-sec.* Ainsi le *fluide* qui convertit la *vapeur aqueuse* en *air*, prévaut alors dans cette couche, et la *vapeur aqueuse* qui existoit y disparoît ; ce qui continue à s'y manifester de *vapeur* n'est plus que celle qui s'élève sans cesse du sol, et qui successivement se convertit en *air.*

792. Mais ce n'est pas à ce point que se bornent les conclusions tirées des *phénomènes météorologiques*, ils nous conduisent, par le *fluide électrique* et le *feu*, à des conjectures sur ce *fluide* qui convertit la *vapeur aqueuse* en *air*, et par une route plus directe que ne le pensoit M. ZYLIUS, lorsqu'après avoir cité la remarque de M. LICHTENBERG, rapportée ci-dessus, il critique ensuite, pag. 91, son idée que les *ingrédiens* du *fluide électrique* peuvent composer la substance qui convertit en *air* la *vapeur aqueuse.* Quand cet effet seroit produit par

le *fluide électrique* lui-même, l'objection de M. Zylius, qu'en ce cas toutes les *pluies* devroient libérer une grande quantité de ce *fluide*; objection que j'avois faite moi-même contre l'idée qu'il étoit absorbé par l'*évaporation*, ne seroit pas applicable ici; car le *fluide électrique* ne pouvant être tiré de sa combinaison dans l'*air*, sans l'intervention d'une nouvelle substance qui s'unît à lui par affinité prépondérante, il ne seroit plus lui-même, et il pourroit être changé au point que nous ne l'appercussions pas. Quant à l'idée générale de M. Lichtenberg, que les ingrédiens dont le *fluide électrique* est composé peuvent entrer de quelque manière dans cette opération, je la regarde comme très-fondée; mais elle se lie à plusieurs autres phénomènes atmosphériques que j'indiquerai successivement.

739. Les objets aussi composés que celui-là ne sauroient être abordés par trop de points; et l'on doit toujours commencer par les plus simples, parce que c'est là que les causes agissantes se manifestent le plus à découvert, et qu'ils servent ensuite à analyser ceux auxquels ils se lient, en aidant à en démêler la complication. J'aime à citer Bacon pour les règles à suivre dans ces recherches, parce

que

que sa célébrité intacte, comme premier fondateur d'une vraie *philosophie naturelle*, me rassure moi-même et m'autorise auprès des autres, quand je suis les routes qu'il a tracées ; or il dit ceci : « Quand un physicien » n'aura recherché entre les *causes* que celles » des *phénomènes* tels qu'ils se présentent » communément, c'est-à-dire, composés de » *plusieurs*, sans les avoir réduits à une vé- » ritable *décomposition* ou *simplicité*, comme » par *distillation*, il pourra bien (s'il est con- » séquent d'ailleurs) ajouter quelque chose » de passable et même d'ingénieux aux dé- » couvertes d'autrui ; mais il n'ouvrira au- » cune route majeure et comme séculaire, » et il ne méritera pas le nom d'interprète » de la nature » (*Précis*, etc. Tom. I, p. 71). Or, le phénomène de la *pluie* est de ce genre ; on le passe légèrement tant qu'on n'a pas découvert qu'il est *composé de plusieurs ;* mais si d'après cette idée de *simplicité* on forme des hypothèses pour son explication, et qu'on vienne à en comparer attentivement les conséquences avec les phénomènes, les disparités font enfin reconnoître que c'est l'une des opérations les plus compliquées qu'offre la *physique terrestre*, car elle tient à tout. Nous l'avons abordée ici

par une route directe; savoir : l'ascension dans l'atmosphère, de l'*eau* qui doit y produire la *pluie*, et c'est là un premier pas certain : en suivant cette *eau* dans l'atmosphère, nous avons trouvé aussi certainement qu'elle doit d'abord s'y transformer en *air*. Maintenant nous cherchons comment cela s'*opère* ; c'est-à-dire par quelle *combinaison* avec d'autres substances la *vapeur* peut subir cette transformation. Abordons aussi ce sujet par ses premiers rameaux ; savoir : la formation dans l'atmosphère de *fluides* distincts de la *vapeur aqueuse*, qui puissent se combiner avec elle pour former l'*air*, et commençons par les productions qui ont lieu dans les temps sereins et constans, où il y a le moins de complication dans les phénomènes atmosphériques.

794. En temps serein, les *rayons du soleil* traversent toute l'atmosphère pendant le jour, et y produisent trois effets distincts aujourd'hui bien déterminés. M. DE SAUSSURE, par de longues observations sur l'état *électrique* de l'atmosphère, s'est assuré qu'alors elle devient *positive* pendant le jour, comparativement au *sol* et à l'*air* qui en est voisin. Cet effet commence peu après le lever du *soleil*, et il va en augmentant jusqu'à une

certaine heure après-midi, plus tard, à mesure que les jours sont plus longs, il diminue ensuite par degrés à mesure que le *soleil* s'abaisse, puis l'équilibre *électrique* est rétabli entre l'atmosphère et sa base quand la *rosée* se forme. Voilà donc une formation diurne de *fluide électrique*, opérée par les *rayons du soleil*, tandis qu'ils traversent l'atmosphère ; dans la partie inférieure de celle-ci, ce *fluide* passe bientôt au *sol ;* c'est pourquoi, si l'on élève une perche ; un grand mât comme étoit l'appareil de M. DE SAUSSURE, qui portoit une longue pointe métallique isolée, de laquelle descendoit un fil conducteur jusque dans la couche d'air voisine du sol, l'*électroscope* qui est appliqué à l'extrémité inférieure du *conducteur* indique les différences d'état *électrique* de cette couche inférieure avec la couche élevée qu'atteint la pointe : celle-ci reste toujours *positive* comparativement à l'autre (qui perd sans cesse du *fluide électrique*) tandis que le *soleil* est sur l'horizon, ou plutôt jusqu'à ce que la *rosée* se forme, et alors l'atmosphère devenant *conductrice*, son *fluide électrique* excédant se partage avec le *sol*, qui ainsi est journellement abreuvé d'une nouvelle quantité de ce *fluide ;* il s'y emploie sûrement à quelque

pération dans laquelle il se *décompose*; puis ses ingrédiens remontent dans l'atmosphère sous d'autres combinaisons, pour continuer de servir à cette circulation générale indiquée par d'autres phénomènes entre l'*atmosphère* et le *sol*. Mais la quantité de *fluide électrique* qu'un tel *conducteur* fait appercevoir, est-elle tout l'effet tendant à la production du *fluide électrique* qui soit dû aux *rayons solaires*? C'est là une question que je laisse ici en suspens.

795. La même opération diurne se passe, dans les mêmes temps, par les *rayons du soleil* dans l'atmosphère à l'égard du *feu*. Je ne mets pas en doute ici les résultats des observations et expériences qui prouvent que la *lumière* n'est pas *calorifique* par elle-même, qu'elle ne produit la *chaleur* qu'en s'unissant à une substance avec laquelle elle produit le fluide *calorifique*, connu sous le nom de *feu*. J'ai traité ce sujet dans plusieurs ouvrages, et en particulier dans mes *Idées sur la météorologie*; j'y suis revenu dans celui-ci pour résoudre un difficulté (§. 356 et *suiv.*); et BACON, bien moins avancé qu'on ne l'est aujourd'hui dans l'observation et l'expérience, avoit déjà défini très-précisément les différences distinctives des *causes* dela *clarté* et

de la *chaleur*, malgré leurs rapports qui leur assignent quelque chose de commun (*Précis*, etc. Tom. II, pag. 64 et suiv., et pag. 92 et suiv.). Je regarde donc comme certain que la *chaleur* produite par les *rayons du soleil* dans l'atmosphère, provient du *feu* qu'ils y forment, en s'unissant à quelque substance qui y réside dans la forme d'un *fluide subtil*, dont l'abondance est ordinairement plus grande dans les parties inférieures de l'atmosphère que dans les parties supérieures, ce qui produit la différence de leur *température* habituelle, quoique dans les dernières les *rayons du soleil*, moins diminués encore par d'autres opérations, agissent plus puissamment pour produire la *chaleur* dans les corps quand ils y trouvent la *matière du feu*. Enfin les quantités de cette *matière* sont variables dans l'atmosphère, ce qui est la cause des grandes différences qu'on observe dans le rapport de la *chaleur* à l'intensité des *rayons solaires* entre différens lieux à mêmes latitudes, et dans les mêmes lieux entre les mêmes saisons. Or, dans les mêmes temps où la marche diurne de la formation du *fluide électrique* est régulière, celle du *feu* la suit; le *thermomètre* et l'*électroscope* arrivent à leur *maximum* de mouvement presque à la

même partie du jour ; ce que M. DE SAUSSURE a observé comme moi ; mais il a fait une observation plus précise que moi, relativement à la cause de la diminution rapide de la *chaleur* quand le *soleil* se couche. J'ai lieu de croire qu'outre les compositions dans lesquelles entre le *feu*, il s'en décompose une partie qui laisse échapper de la *lumière* dans l'atmosphère, et M. DE SAUSSURE a observé dans la nuit, étant au *Col-du-Géant*, une *lumière atmosphérique* qui ne pouvoit avoir aucune autre cause.

796. Enfin l'*humidité* diminue dans l'atmosphère par les mêmes périodes où les augmentations de *fluide électrique* et de *feu* s'y observent, quoique par cette dernière cause, l'*évaporation* augmente à sa base ; la seule différence, suivant des observations plus régulières de M. DE SAUSSURE à cet égard que je n'en ai fait, est que le *minimum* de l'*humidité* arrive plus tard que le *maximum* de la *chaleur* et du *fluide électrique*, et la différence est plus grande en *été* qu'en *hiver* (*Essais sur l'Hygrom.*, §. 317). L'*humidité* augmente ensuite rapidement, et enfin la *rosée* se forme.

797. Nous voici arrivés à un phénomène très-important ; c'est encore un de ceux qui

avoient été considérés comme *simples*, et qui par-là étoient demeurés sans explication réelle. Comme on sait en général que la *chaleur* est la cause de l'*évaporation*, il paroissoit fort *simple* de supposer que le *refroidissement* de l'air après le coucher du soleil, étoit la cause de la *rosée;* cependant, aussi long-temps qu'on l'a considérée sous ce point de vue, et quoiqu'elle ait été l'objet des expériences et observations de divers physiciens distigués, jamais on n'a pu concilier ses phénomènes; on vint même à penser que la *rosée*, au lieu de descendre de l'*air*, s'élevoit du *sol*. C'étoit-là un pas vers la vérité, mais très-foible encore parce qu'on le faisoit comme au hasard : on crut que la *rosée* se formoit par une plus grande *évaporation*, occasionnée par la plus grande *chaleur* que conservoit le *sol* comparativement à l'*air* après le coucher du soleil. L'ensemble des phénomènes ne correspondant néanmoins ni à l'une ni à l'autre de ces hypothèses, quelques physiciens les réunissoient en y ajoutant une explication particulière à l'égard de l'eau qui paroît alors sur les plantes; mais plus on observoit, moins on étoit content de ces diverses hypothèses, et le sujet fut enfin abandonné.

798. C'est ce qui m'arriva à moi-même après bien du travail; car l'incertitude sur la cause d'un phénomène dans lequel cependant tout paroissoit à notre portée, me détermina, dès l'année 1749, à tenter de nouvelles expériences, et ce fut ainsi que j'entrai dans ma carrière météorologique. Le besoin de connoître exactement les rapports des *températures* du *sol* à diverses profondeurs, et de l'*air* à diverses hauteurs, furent la première cause de mon travail sur le *thermomètre*, instrument alors très-indéterminé. L'*évaporation* devint ainsi un grand objet d'attention pour moi en la liant avec les phénomènes de l'*eau bouillante* qui devoient servir à fournir un *point fixe* sur le *thermomètre*, et dont la *chaleur* cependant, quoique *fixe* sous une même *pression* de l'atmosphère, changeoit par les différences de celle-ci. La mesure de cette *pression* devoit être fournie par le *baromètre*; mais cet instrument lui-même n'avoit pas un langage fixe dans ce temps-là, ce dont je cherchai les causes; je les trouvai: ce qui me parut promettre aussi plus de succès dans la tentative de mesurer les *hauteurs* par le *baromètre*, et je fus conduit ainsi à toutes mes expériences météorologiques.

799. Cependant je ne perdois point de vue

le phénomène de la *rosée*, cet effet mystérieux des causes atmosphériques qui avoit été le premier objet de mon attention; mais loin d'en trouver une explication satisfaisante, j'en voyois croître l'obscurité à mesure que l'*évaporation* elle-même et ses suites m'étoient mieux connues, et je n'ai commencé à en soupçonner la cause que lorsque m'étant occupé de l'*hygrométrie*, j'eus enfin obtenu un premier *hygromètre* comparable. Je reconnus alors, par de nouvelles expériences, que la *rosée* ne pouvoit être expliquée, ni par une grande *évaporation* sur le *sol*, ni par une *précipitation* d'*eau* occasionnée par le *refroidissement* de l'*air;* ce dont j'ai déjà dit quelque chose dans la Partie de l'*Hygrologie*, aux §§. 463 et 464; et qu'ainsi ce phénomène tenoit plus profondément à tout l'ensemble de la *météorologie*.

800. L'*évaporation* se faisant certainement par le *feu* qui appartient au corps même dont l'*eau* se sépare, ne peut pas être plus grande après le coucher du soleil que durant sa présence sur l'horizon; car quoique le *sol*, considéré en général, se *refroidisse* plus lentement que l'*air*, sa *surface*, à laquelle se fait l'*évaporation*, éprouve le même refroidissement que l'*air*, et même elle se refroidit

davantage par l'*évaporation* elle-même ; ce que j'avois éprouvé en y couchant des *thermomètres* nus ; c'est la cause de la *gelée blanche* qui se forme sur les brins d'herbes et autres corps minces avant que l'*air* lui-même soit arrivé au terme de la gelée (§. 464). D'un autre côté, la *vapeur aqueuse* étant un *fluide expansible* spécifiquement plus *léger* que l'*air*, s'y élève sans cesse et s'y répand; elle ne peut donc s'abaisser comme telle par *refroidissement*, et il peut d'autant moins en descendre des régions supérieures de l'air, qu'elles sont habituellement *très-sèches*. Cependant la *rosée* doit être formée par les *vapeurs aqueuses*, mais ce ne peut être que parce qu'elle dépasse son *maximum* correspondant à *température*, et puisque cette *vapeur* ne redescend jamais elle-même, il faut que celle qui vient produire le *maximum* s'élève du *sol*, qui cependant, comme on vient de le voir, doit en produire de moins en moins en se refroidissant à sa surface d'où part la *vapeur*.

801. Telle est la vraie difficulté quant au phénomène de la *rosée*, et rien n'auroit pu y répandre du jour sans l'*hygrométrie;* par elle la *rosée* devient entièrement étrangère aux *causes* dont on s'occupoit jusqu'ici, et

dont on vient de voir l'insuffisance pour son explication. L'un des points essentiels de l'*hygrométrie* étoit de déterminer les changemens que les variations de la *chaleur* faisoient subir à l'*hygromètre*, dans un espace où la quantité de la *vapeur aqueuse* demeuroit la même ; c'est aussi l'un de ceux dont nous nous sommes le plus particulièrement occupés, M. DE SAUSSURE et moi, et nous l'avons déterminé d'une manière directe et sûre pour nos *hygromètres* respectifs. Or, voici ce que nous avons trouvé l'un et l'autre (et M. DE SAUSSURE l'a publié avant moi) sur la marche de l'*humidité* dans l'atmosphère dans les jours sereins et calmes ; c'est que vers le *coucher du soleil* et ensuite, l'*humidité croît* beaucoup plus rapidement, comparativement à la *diminution* de la *chaleur*, et que depuis le *lever du soleil* elle *décroît* beaucoup plus rapidement, comparativement à l'*augmentation* de la *chaleur*, qu'il n'arriveroit, si la quantité de la *vapeur* demeuroit la même dans l'air. Il faut donc que la *quantité* même de la *vapeur* augmente dans l'*air* après le *coucher du soleil*, et qu'elle diminue après son *lever ;* ce qui paroîtroit revenir à l'opinion de ceux qui pensoient que la *rosée* s'élevoit de la terre ; mais ce

n'est pas comme ils le pensoient, et les résultats de mes premières expériences furent directement contraires à cette opinion; car ayant mis des linges dans des petits tonneaux ouverts d'un côté, où ils étoient soutenus près du fond par des croisées de ficelles, et placé ces tonneaux à quelques pieds d'élévation au-dessus d'un terrain labouré, l'un ayant l'ouverture tournée vers le bas, et l'autre vers le haut, au temps de la *rosée*, le linge du dernier acquéroit toujours plus de poids que celui du premier.

802. Voici donc qui est certain par l'observation et l'expérience. Au temps de la *rosée*, la quantité de la *vapeur aqueuse* devient plus grande dans l'air où elle se forme qu'elle n'y étoit auparavant : cependant il ne peut s'en élever davantage de la surface du *sol*, puisque sa *chaleur* diminue autant que celle de l'air voisin, et elle devient *humide* elle-même par la *rosée* : il ne peut pas non plus descendre de la *vapeur* des couches supérieures, puisque ce fluide étant plus léger que l'*air*, il ne peut en redescendre lui-même; et sa quantité, d'après l'indication de l'*hygromètre*, y est toujours beaucoup trop petite pour qu'il puisse y dépasser son *maximum* et laisser échapper de l'*eau*,

par la diminution de la *chaleur* qu'indique le *thermomètre*. On ne peut rien changer à ces *faits*, qui néanmoins sont en contradiction apparente. Quand on arrive par des routes directes et sûres à de tels résultats, c'est une preuve qu'on n'a pas réuni toutes les circonstances qui appartiennent au *phénomène :* or voici une première considération ; c'est que dans le phénomène de la *rosée*, ce qui concerne la vapeur aqueuse n'est que comparatif; on y compare l'état qui suit le *coucher du soleil* à celui qui avoit précédé, et voici comment cette considération change l'aspect du phénomène. Durant la présence du *soleil* sur l'horizon, la *vapeur aqueuse* qui s'élevoit du *sol* changeant de nature disparoissoit dans l'air ; au lieu qu'après son coucher elle se conserve dans son premier état et s'accumule. Telle est la conclusion à laquelle j'ai été conduit par l'ensemble des phénomènes de la *vapeur aqueuse*, tant dans les expériences sur elle-même qu'en l'observant dans l'air, et c'est enfin la solution immédiate du problème de la *rosée;* il avoit été mon premier objet d'attention, et je ne l'avois jamais perdu de vue, parce que je ne m'en dissimulois point la difficulté ; quelque *simple* qu'il parût, il n'a pu être résolu qu'en y

faisant aboutir toutes les branches de recherches que j'ai développées jusqu'ici, et à son tour il y réfléchit sa lumière, comme on va le voir.

803. Si toute la *vapeur aqueuse* qui s'élève du *sol* et des *eaux*, et dont la quantité doit être telle qu'elle compense la *pluie*, se conservoit dans le même état; continuant alors de s'élever, elle arriveroit à son maximum jusqu'aux régions supérieures, dans lesquelles, par leur moindre *chaleur*, elle se convertiroit en *brouillard*, et il y auroit une *bruine* générale dans toutes les nuits, sans qu'il se formât jamais de *pluie*. Mais durant le séjour du *soleil* sur l'horizon, la *vapeur aqueuse* disparoît de plus en plus à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, tellement qu'on n'en trouve que très-peu à de grandes hauteurs; ce qui doit provenir de quelque cause qui la transforme en *air*: or si cette cause cesse après le *coucher du soleil*, toute la *vapeur* qui s'élève doit se conserver et atteindre son *maximum* de couche en couche successivement plus élevées au-dessus du sol. C'est ce qu'on apperçoit en regardant les plaines du haut des montagnes; on voit comme une *gaze* se former dans l'air au-dessus d'elles, qui semble s'abaisser en se concentrant. Mais,

par quelque cause jusqu'ici inconnue, ce changement n'a pas lieu quand, avant le coucher du soleil, il s'est formé des nuages dans les couches élevées de l'atmosphère.

804. Il y a aussi de la *rosée* sur les hautesmontagnes, les herbes s'y couvrent d'eau, mais l'effet ne s'étend qu'à quelques pieds au-dessus du sol, parce qu'une autre cause vient contrebalancer la permanence de la *vapeur* qui s'en élève ; et c'est ici la preuve de ce que j'ai dit, que la *sécheresse* habituelle des couches supérieures de l'atmosphère est d'autant plus grande qu'elles sont plus élevées; on le sait directement jusqu'aux plus grandes hauteurs accessibles, et voici qui le manifeste au-delà. L'*air* supérieur aux montagnes pendant le jour, s'y abaisse successivement pendant la nuit, et rasant leurs sommets, il s'abaisse vers les vallées et les plaines, à la suite de celui qui étoit sur les sommets durant le jour. Le phénomène qui le démontre fut celui qui me conduisit à la découverte de l'effet de la *chaleur* de l'air dans la mesure des hauteurs par le *baromètre*, et M. DE SAUSSURE l'a observé ensuite comme moi. Quand l'atmosphère conserve un même état, et qu'ainsi, à une même heure du jour, le *baromètre* se trouve au

même point dans un même lieu, ses mouvemens, par les changemens de la *chaleur* dans l'air sont en sens inverse à la *plaine* et sur les *montagnes*, et les différences sont d'autant plus grandes que celles-ci sont plus élevées : durant l'augmentation de la *chaleur*, le mercure *descend* dans le *baromètre* de la plaine, et il *monte* dans celui de la montagne ; et quand la *chaleur* diminue, il *remonte* dans le premier, et *redescend* dans le dernier. Ces effets inverses s'observent directement quand le temps est fixe ; mais on ne les découvre pas moins dans les temps de variation du *baromètre sédentaire*, par les différences des variations dans les lieux comparés, suivant que la *chaleur* augmente ou diminue, et voici la cause que j'ai assignée à ces mouvemens opposés dans mes *Rech. sur les mod. de l'Atmosphère*, où j'ai détaillé tous les phénomènes qui les accompagnent, et leurs rapports avec cette cause.

805. Les colonnes atmosphériques se dilatant par l'augmentation de la *chaleur* dans le jour, deviennent ainsi d'une moindre pesanteur spécifique que celles où la *chaleur* est moindre; elles sont donc soulevées par celles-ci, mais en même temps elles se versent vers le haut sur leurs voisines. C'est le

même

même effet qu'on peut observer dans un vase de verre rempli d'eau, à laquelle soit mêlée quelque poudre grossière de pesanteur spécifique égale à la sienne, pour en appercevoir les mouvemens quand on l'*échauffe* d'un seul côté, ou par un corps plus chaud qu'elle, placé dans son axe. Cette diminution de *masse* dans les colonnes d'air fait baisser sous elle le *baromètre* de la *plaine*, parce qu'elle se fait en partie par dilatation latérale; l'air se portant vers les lieux que le soleil abandonne et vers ceux qu'il n'éclaire pas encore: mais il se fait aussi une dilatation verticale; une partie de l'air qui, auparavant, étoit au-dessous du sommet des montagnes, passe au-dessus, sans s'écarter autant latéralement, parce que les variations de la chaleur diurne sont beaucoup moins grandes dans cette région que dans les parties inférieures; et quoique par l'alongement des colonnes, elles se versent au loin, il reste toujours une *tumeur* dans les parties où elles s'élèvent, ce qui fait monter le mercure dans le *baromètre* de la montagne, si elle est élevée, ou le maintient fixe sur des montagnes plus basses, tandis qu'il baisse à la plaine. La condensation de l'air, aux approches du soir et pendant la nuit, produit les effets contraires;

l'air revient latéralement dans les colonnes que le soleil abandonne, ce qui augmente leur pression sur le *baromètre* de la plaine : mais elles se condensent aussi verticalement; une partie de l'air qui étoit au-dessus des montagnes, passe plus bas, et, quoique par l'abaissement de ces colonnes l'air de celles qui se dilatent se porte vers elles, l'effet n'est pas soudain, et leurs parties supérieures pressent moins sur les montagnes, où le mercure ainsi baisse dans le *baromètre*. Ce sont là aussi, comme je l'ai expliqué au §. 780, les causes des variations périodiques, et par là peu considérables, du *baromètre* dans la région de l'équateur.

806. On voit donc ainsi la cause du phénomène que nous avons observé, M. DE SAUSSURE et moi, sur les hautes montagnes; c'est qu'au contraire de ce qui arrive dans les lieux plus bas, l'*humidité* de l'air libre y *diminue* pendant la nuit. Les deux phénomènes se lient l'un à l'autre par la *sécheresse* de plus en plus grande dans l'atmosphère à mesure que ses couches sont plus élevées; car des couches plus élevées que les montagnes durant le jour, et plus *sèches* que celles qui s'y trouvoient, s'abaissant sur elles pendant la nuit, et passant sur leur sommet pour

s'abaisser davantage, elles empêchent l'accumulation de la *vapeur aqueuse* qui s'élève du sol et ne se convertit pas alors en *air;* de sorte que la *rosée* qui en résulte ne se fait appercevoir que près du sol. Mais dans les lieux plus bas, où cet échange de l'air n'est pas sensible, la *vapeur aqueuse* s'accumule dans l'*air*, et la *rosée*, c'est-à-dire une décomposition lente de la *vapeur*, à mesure qu'elle dépasse son *maximum*, s'étend jusqu'à une hauteur assez grande au-dessus du sol. Il n'y a pas encore d'observations directes qui marquent les limites de cet effet; mais j'ajouterai quelques phénomènes qui s'y rapportent indirectement.

807. Il paroît que la cause qui, pendant le jour, convertit la *vapeur aqueuse* en air, s'épuise plutôt auprès du *sol* que dans les parties plus élevées. Dès que les différences de *température* du jour à la nuit deviennent plus sensibles, au mois d'août, on voit quelquefois, dans les belles soirées, une *brume* se former sur les prairies, en couche d'une hauteur peu grande et déterminée, tellement que quelquefois elle cache les bestiaux tandis qu'ils pâturent, mais qu'on voit leur tête au-dessus de la couche quand ils se redressent. Quoique cette couche opaque conserve

la même hauteur, elle n'est pas toujours la même; elle s'évapore à sa surface, comme on peut l'appercevoir par des flocons qui s'en détachent et se dissipent, et elle ne conserve une même hauteur que par la *vapeur* qui continue à s'élever du sol sans diminution sensible dans sa quantité, tandis que le sol conserve une partie de la *chaleur* du jour; mais lorsqu'il est plus refroidi, la *brume* cesse, et il n'y a plus que la *rosée* ordinaire, comme sur les lieux moins humides.

808. Le même phénomène a lieu de jour et de nuit, et plus en grand, en automne; alors se forment des *brouillards* durables, qui embrassent tout l'air depuis le sol jusqu'à une grande hauteur, mais limitée, et au-dessus de laquelle le *brouillard s'évapore*. Quand on est alors sur les montagnes, on y trouve l'air très-serein et fort sec : les *montagnes* paroissent comme des *îles* dans une mer lentement agitée, des *vagues* s'y forment, mais elles ne retombent pas, on les voit se diviser en flocons et se dissiper, tandis qu'il s'en élève d'autres; et la hauteur déterminée de la couche est ainsi produite, parce qu'elle s'évapore à sa surface, en même temps qu'elle se renouvelle par l'évaporation du sol et des eaux. Les rayons du soleil ne pénètrent pas

cette couche, dont la surface, qui les réfléchit, est d'un blanc aussi brillant que celui des nues isolées qu'on voit quelquefois se former dans l'air, mais qui alors présagent une pluie soudaine, en se formant dans l'air *sec*. Ici le brouillard se forme, parce que la cause qui transforme la *vapeur* en air ne pénètre pas sous sa couche, où la nouvelle *vapeur* continue de se conserver, et ainsi de dépasser son *maximum*, se décomposant en *vésicules* aqueuses par son abondance, et elle ne s'*évapore* de nouveau qu'à la surface supérieure de la couche. Mais enfin cette décomposition de la *vapeur* réchauffe l'air, en même temps que sa formation refroidit le *sol* et les eaux; la quantité de la *vapeur* formée est alors moins grande, et elle peut se conserver sans décomposition dans l'air inférieur, ce qui produit une séparation de la couche de *brouillard* d'avec la base; l'air redevient transparent quoique toujours obscur au-dessous d'elle, et de la plaine elle paroît une couche de *nuages* par les différences changeantes de son épaisseur. Cette couche laisse quelquefois un espace de 1000 pieds de hauteur au-dessous d'elle, et elle-même a 6 à 700 pieds d'épaisseur; elle peut demeurer dans le même

état pendant cinq à six semaines, conservant à-peu-près la même hauteur contre les montagnes et dans leurs vallées, toujours s'évaporant par-dessus, et se recrutant par-dessous. La nuit cette couche s'élève plus haut dans les montagnes, et le refroidissement de l'air fait quelquefois reparoître le *brouillard* dans l'air inférieur.

809. Dans ces temps-là le *baromètre* est fort haut pour l'ordinaire, et il fait le plus beau temps possible sur les montagnes, l'air y est *sec* et sans le moindre *nuage*. Mais enfin le *baromètre* baisse en signe de quelque changement dans les fluides atmosphériques, et le plus souvent alors la couche de *brouillard* se dissipe ; au-dessus d'elle on voit des *nues* se former dans cet air auparavant transparent et sec ; elles s'étendent et s'épaississent, il pleut ou neige, et quelquefois pendant long-temps. Quand le *baromètre* remonte en signe de changement contraire dans les fluides atmosphériques, la *pluie* ou la neige cessent et les *nuages* se dissipent ; d'ordinaire le temps devient plus froid, et cependant les *brouillards* ne se renouvellent pas, parce qu'il y a moins d'évaporation par le refroidissement du sol et des eaux. C'est dans cette

saison que les pronostics du *baromètre* sont le plus certains, ils le sont moins dès le printemps, où commencent les *pluies soudaines*.

810. Tous les phénomènes que je viens de détailler concourent à lier la transformation en *air* de la *vapeur aqueuse* à la présence du *soleil* sur l'horizon; et l'on a vu que dans les temps où la marche des causes étant la plus simple, elles se manifestent le plus clairement, cette opération va d'un même pas avec deux autres dans l'atmosphère, par lesquelles la quantité du *feu* et du *fluide électrique* y augmentent. Ces opérations n'ont-elles point de rapport entre elles? La transformation de la vapeur aqueuse doit être opérée par quelque *fluide* qui s'unisse; et, d'un autre côté, puisque les *rayons du soleil* produisent du *feu* et du *fluide électrique* dans l'atmosphère, il faut bien qu'ils y trouvent les ingrédiens distinctifs de ces fluides pour s'unir. N'est-ce point durant ces opérations que se forme le *fluide* qui, joint à la *vapeur aqueuse*, distingue l'*air atmosphérique* des *gaz*, quoiqu'il ait en commun avec eux le *feu* et l'*eau*? Je montrerai que cette question n'est pas sans fondement; mais aupara-

vant il est nécessaire de considérer le *fluide électrique* lui-même ; car, comme *fluide impondérable*, répandu dans l'*air* et sur le *sol*, et qui éprouve de grandes vicissitudes, c'est un *fil* bien précieux dans le labyrinthe des phénomènes *atmosphériques*, et de leurs rapports avec ceux du *sol*.

NEUVIÈME PARTIE.

Considérations tirées du FLUIDE ÉLECTRIQUE, *relatif à la* Météorologie *et à la* Chymie générale.

811. Qu'est-ce que l'*eau ?* Quel est son rapport avec l'*air atmosphérique ?* Tel étoit l'objet général de la question de l'Académie de Berlin, à laquelle j'ai rapporté la plus grande partie de cet ouvrage pour avoir un objet fixe. Mon système météorologique avoit donné lieu à cette question, et en recommandant *aux experts* l'examen du mémoire de M. ZYLIUS, qui au moins l'avoit attaqué d'une manière méthodique, l'Académie, comme on l'a déjà vu, ajoutoit : « Pouvoit-» il se présenter une question plus impor-» tante dans l'état actuel des connoissances » chymiques ? » C'étoit-là une remarque très-fondée ; car non-seulement les questions relatives à l'*eau* et à l'*air atmosphérique* sont intimement liées l'une à l'autre, mais ensemble, et par les autres questions auxquelles elles conduisent, elles embrassent toute la *physique terrestre.*

812. Les discussions dans lesquelles j'ai été engagé en traitant ce sujet, ont fait naître en particulier une importante question : Suffit-il des substances connues par leur *poids*, pour expliquer les phénomènes physiques observés sur notre globe ? Je crois avoir démontré qu'elles ne suffisent pas, même en y joignant le *feu*, ou *calorique* de la nouvelle nomenclature, qui est déjà une substance *impondérable*. Ainsi la barrière étoit franchie à cet égard, et il ne restoit plus d'objection générale tirée de l'*impondérabilité* ou de l'*incoërcibilité*, pour admettre les substances nécessaires a la production des phénomènes.

813. Outre le *feu*, il reste une substance connue, qui de même est *impondérable* et *incoërcible* par la plupart des corps, c'est le *fluide électrique ;* mais ce *fluide* n'est entré pour rien dans la *nouvelle théorie chymique*, ce qui est cause que l'attention des physiciens s'est beaucoup relâchée à son égard, même dans les expériences à notre portée, et plus encore dans l'atmosphère. C'est ainsi qu'on a fait en général fort peu d'attention à l'analyse que j'avois faite de ce fluide dans mes *Idées sur la météorologie*, et c'est aussi par cette inattention que M. Zylius en en parlant, s'écrie : « Dans quelle

» hypothèse a-t-on considéré le *fluide élec-*
» *trique* comme composé de tant de *subs-*
» *tances !* »

814. Heureusement le *galvanisme*, par la nouveauté des phénomènes que ce *fluide* présente dans la *pile* de M. VOLTA, a réveillé l'attention sur lui. On concevra aisément que personne n'a pu y prendre un plus grand intérêt que moi par des considérations de physique générale, vu les nouvelles faces par lesquelles le *fluide électrique* s'offre ici à nos recherches; ce qui a fait même douter si c'étoit ce fluide qui agissoit dans la *pile*. Cependant, jusqu'à ce point de changement, le doute n'est provenu que de ce qu'on n'a pas fait assez d'attention à la théorie lumineuse de M. VOLTA, concernant les *phénomènes électriques*, théorie qui a donné naissance à mon systême sur le *fluide* qui les opère. J'avoue que l'application de cette théorie aux *phénomènes galvaniques*, n'étoit pas sans difficultés, car il falloit résoudre les problêmes suivans ; Comment le *fluide électrique* se manifeste-t-il dans la *pile ?* — Pourquoi s'y manifeste-t-il sans *isolement ?*— Comment y produit-il avec une intensité si petite, des effets qu'on n'obtient par les

appareils ordinaires qu'en le rendant beaucoup plus *dense* ?

815. Telles furent les questions fondamentales vers lesquelles il me parut que l'expérience devoit d'abord se diriger, et je m'en occupai sous ce point de vue à Berlin, dans le cours de l'année 1800. Après m'être assuré que c'étoit le *fluide électrique* qui agissoit dans la *pile*, les changemens que je lui voyois subir me parurent de grande importance en physique, vu ceux que ce fluide subit probablement dans l'atmosphère. Les premiers de ces changemens, quoique peu considérables, ont pu faire douter de la nature du *fluide*, et par-là on conçoit que d'autres combinaisons peuvent le changer tellement, qu'il ne se manifeste plus par les symptômes qui jusqu'ici nous l'ont fait connoître, sans cesser néanmoins d'être composé des mêmes ingrédiens principaux et de produire de grands effets. Mais pour démontrer que c'est ce *fluide* qui opère dans les phénomènes *galvaniques*, il falloit fixer ses caractères distinctifs, tant qu'il n'a changé qu'au degré où il se manifeste dans la *pile*; ce qui m'engagea dans une suite de nouvelles expériences, dans lesquelles je cherchai à employer des appareils qui pussent passer sans

embarras ni beaucoup de dépense, entre les mains de tous ceux qui s'occupent de physique expérimentale.

816. Quand ces deux classes d'expériences furent terminées, leur nombre m'obligea d'en faire un ouvrage à part, dont la composition a retardé encore la publication de celui-ci; il a pour titre : *Traité élémentaire sur le Fluide expansible électrico-galvanique*. Cet ouvrage, qui paroîtra bientôt, est composé de deux parties, dont la première a pour objet le *fluide électrique* tel qu'il se manifeste sur tous les corps; et la seconde traite de ses modifications dans la *pile galvanique*. Ici donc je m'en rapporterai à cet ouvrage quant aux preuves des propositions concernant le *fluide électrique*, qui font l'objet du chapître suivant.

CHAPITRE I.

Du FLUIDE ÉLECTRIQUE *considéré sur les corps terrestres.*

817. Aussi long-temps que le *fluide électrique* se manifeste par les *électroscopes*, c'est un fluide *parasyte*, toujours *asservi* à quelque *corps* par sa tendance vers tous, y comprises les *particules* de tous les fluides *pondérables*, l'*air atmosphérique*, les *gaz*, la *vapeur aqueuse* et les autres *vapeurs* pondérables. C'est jusqu'à ce point, et sous cette forme, que le *fluide électrique* se montre distribué sur les corps, et l'on ne peut en concevoir les phénomènes qu'en le considérant sous ce point de vue. En cet état, il ne manifeste jusqu'ici aucune propriété *chymique;* et tant qu'il est égalment distribué sur toutes ces espèces de *corps*, nous n'avons aucun moyen de l'appercevoir : ce qui est une considération bien importante dans la *physique terrestre*, où tant d'*agens* nous manquent encore. Celui-ci se fait appercevoir quelquefois par une propriété qui jusqu'ici ne peut être attribuée

avec raison à aucune autre substance; c'est une forte tendance mutuelle entre lui et tous les corps, y comprises, comme je l'ai dit, les particules des *fluides pondérables*. C'est de-là que procèdent les *mouvemens électriques*, quand l'*équilibre* de ce *fluide* est rompu, circonstance à laquelle je dois d'abord m'arrêter.

818. Notre moyen de rompre l'équilibre du *fluide électrique*, consiste dans le *frottement* entre des corps différens quant à la faculté *conductrice*, ou entre les mêmes corps *non-conducteurs* dont l'un est *frotté* dans un seul point, par un autre semblable qui y passe rapidement, tels que deux rubans de *soie* dont l'un passe rapidement en frottant en travers une seule partie de l'autre. L'effet commun de ces opérations consiste en ce qu'au moment où le *fluide électrique*, adhérant aux surfaces *non-conductrices*, en est détaché par le *frottement*, l'un des corps en retient plus que l'autre, puis se trouvant soudainement écartés l'un de l'autre, l'équilibre ne peut se rétablir. Pour que cet *état électrique* où les corps mutuellement frottés ont été mis, se maintienne, il faut qu'ils soient *isolés*, c'est-à-dire, sans communication *conductrice* avec le *sol*. Alors

l'un des corps a *plus*, et l'autre *moins* de *fluide électrique* qu'il n'en avoit auparavant. Je me borne à cette indication de la cause générale, quant à l'opération nommée *excitation*, parce que dans l'ouvrage annoncé ci-dessus, j'ai traité ce sujet en détail, en le rapportant aux effets des *machines électriques*.

819. Dès que le *fluide électrique* est déplacé entre des corps, il en résulte des *mouvemens* dans les *corps mobiles;* et c'est, comme je l'ai dit, par sa nature *parasyte;* car à sa tendance de se porter vers tous les corps à proportion de ce qu'ils en ont moins, se joint une tendance plus forte de demeurer à celui qui le possède par sa plus grande proximité; de sorte que s'il éprouve plus d'obstacle à se détacher du corps qui en a le plus, qu'à le faire mouvoir avec lui vers le côté auquel il tend, il l'y entraîne avec lui; et comme la tendance de ce *fluide* vers les corps est réciproque d'eux vers lui, si ceux qui en ont *moins* sont libres de se *mouvoir*, ils se portent vers ceux qui en ont *plus*. Ces tendances réciproques expliquent directement les *mouvemens* l'un vers l'autre de deux corps, dont l'un a plus de *fluide électrique* que l'autre; mais d'où procède le

mouvement

mouvement contraire entre deux corps, quand ils sont également dans l'un des états nommés *plus* et *moins*, ou *positif* et *négatif*?

820. Tel est le problême qui a donné lieu à la plupart des hypothèses électriques, et qui même, dans la théorie du docteur FRANKLIN, est resté sans solution, jusqu'à ce que M. VOLTA eût déterminé que le *plus* et le *moins* dans ces *mouvemens* se rapporte à l'état *actuel* de *l'air* quant au *fluide électrique*. Alors tout a été résolu, et j'ai démontré directement cette proposition. La cause de ce *mouvement* entre deux corps, l'un et l'autre *plus* ou *moins* comparativement à *l'air*, est celle-ci : les *deux* corps font participer à leur *état électrique l'air* qui les sépare, tandis qu'il n'y en a qu'*un* qui fasse participer à cet état *l'air* du dehors de chaque côté : ce dernier donc diffère plus de l'état des deux corps, que celui qui les sépare, et chacun d'eux se portant vers l'air du dehors, ils s'écartent ainsi l'un de l'autre, et non par rien qui ait lieu directement de l'un à l'autre. C'est ici l'un des plus grands pas dans la théorie de *l'électricité*, et dont les conséquences s'étendent le plus loin.

821. Le *fluide électrique*, quoique bien

plus directement soumis à notre analyse que le *feu*, dès que nous le mettons en action, se cache bien plus pour nous à d'autres égards. Le *feu* agissant toujours sur le *thermomètre* à proportion de sa quantité, si nous sommes privés jusqu'ici d'un moyen de connoître cette *proportion*, parce que nous ignorons sa quantité *absolue*, nous pouvons au moins déterminer des *différences* de sa *quantité* entre deux lieux à quelque distance qu'ils soient l'un de l'autre, ou dans le même lieu en différens temps. Mais ne connoissant jusqu'ici aucun effet *immédiat* du *fluide électrique* sur les corps, et n'appercevant sa présence que par les *mouvemens* qui résultent de la rupture de son équilibre entre les corps et l'*air* d'un même *lieu*, en un certain *moment*, tout nous est caché quant à sa quantité, même ses *différences* d'un *lieu* ou d'un *temps* à un autre. Car un électromètre *comparable*, tel que je l'ai décrit dans mes *Idées sur la météorologie*, ne sert encore qu'à indiquer des *rapports* entre les *différences* qui se trouvent en divers cas, de l'*état électrique* des corps avec celui de l'*air* ambiant, sans que par-là nous apprenions rien, quant à des rapports comparatifs des états même de l'*air* ni des corps. Mais nous savons, par

d'autres phénomènes, que ce *fluide* se *décompose*, et qu'il s'en *compose* journellement dans l'atmosphère ; ainsi il n'est pas douteux que sa *quantité absolue* ne soit variable, et c'est ce qui intéresse principalement la physique terrestre, pour laquelle il faut d'abord considérer ce qui se manifeste sur la nature de ce fluide subtil dans nos expériences.

822. L'une des principales parties de l'ouvrage que j'ai annoncé ci-dessus, consiste dans les expériences par lesquelles je démontre, que dans l'état où se trouve le *fluide électrique* sur tous les corps, y compris l'*air*, il est composé de deux *ingrédiens* très-distincts, qui ont des fonctions différentes. La tendance mutuelle du *fluide électrique* avec tous les corps, appartient à l'un de ces *ingrédiens*, qui par lui-même ne jouit point de la faculté expansive : celui-ci est le plus *grossier*, et c'est à sa plus ou moins grande quantité dans un même espace, que se rapportent les degrés de *densité* du *fluide électrique*. L'autre *ingrédient* est un *fluide très-subtil*, qui, par sa réunion à l'autre, le fait participer à son *expansibilité*. Les tendances de ces deux *ingrédiens* entre eux, et la tendance de chacun des deux à produire son propre équilibre, sont très-déterminées, et

c'est en particulier à la quantité du *fluide subtil*, avec la même quantité de l'autre *ingrédient* dans un même espace, que se rapporte le degré de *force expansive* du *fluide électrique*. J'ai prouvé par-là, en même temps qu'expliqué physiquement, la lumineuse théorie de M. VOLTA sur les *influences électriques*, dont il a déduit avec tant de sagacité et de vérité les phénomènes de la *bouteille de Leyde*, de l'*électrophore* et du *condensateur* (ces deux derniers de son invention) et le phénomène des *pointes*.

823. C'est en suivant le *fluide électrique* dans tous les phénomènes où il demeure tel que nous le connoissons, que je lui ai assigné la *composition* que je viens de décrire, mais je ne l'ai pas fait vaguement. J'ai rapporté ce *fluide* à la classe des *vapeurs*, et j'ai pris pour exemple la *vapeur aqueuse*, afin d'avoir un objet fixe et connu de comparaison. Déterminant d'abord les *ressemblances* et *différences* générales qui se trouvent entre les deux fluides, j'ai comparé la substance *non-expansible* du *fluide électrique*, que je nomme *matière électrique*, à l'*eau* de la *vapeur aqueuse*; indiquant d'une manière précise leurs propriétés *semblables* et *dissemblables*. J'ai comparé ensuite le *fluide* qui

communique son *expansibilité* à la *matière électrique*, au *feu* qui communique la sienne à l'*eau* dans la *vapeur aqueuse*, nommant le premier *fluide déférent électrique ;* et j'ai indiqué aussi avec précision les *ressemblances* et *différences* de ces deux *fluides déférens*. J'ai parcouru enfin avec ces définitions précises, les phénomènes électriques dans toutes leurs nuances et leurs contrastes apparens, et l'on n'y trouvera, j'espère, nulle part rien qui ne s'explique très-clairement par ce système ; ce qui l'établit de la manière la plus démonstrative.

824. Tant que le *fluide électrique* demeure dans cet état, il est lui-même *imperceptible*, ne donnant même aucun signe de sa présence, à moins que son *équilibre* ne soit rompu, et qu'il n'y ait des corps libres ; et alors encore nous ne l'appercevons point lui-même, nous ne voyons que les *mouvemens* de ces corps, dont nous avons tiré le moyen d'avoir des *électroscopes*. Mais le langage de ces instrumens étoit très-obscur, et une partie de mes expériences a pour but de le déterminer.

825. Mais quand le *fluide électrique* s'élance d'un corps à un autre, la scène change et nos sens en sont immédiatement frappés :

il devient *visible* par la *lumière* qui s'en échappe, notre *odorat* en est affecté, et il *allume* les substances inflammables. Aucun de ces effets n'appartenant au *fluide électrique* lui-même, il faut qu'alors il s'en *décompose* quelques *particules*, et que leurs *ingrédiens intimes*, dégagés de quelques combinaisons et rendus libres, produisent alors leurs effets distinctifs : or cette *décomposition* n'a pour cause qu'un excès de *densité*, comme il arrive par la même cause au *feu* et à la *vapeur aqueuse*. Quand le *fluide électrique* tend fortement à se porter vers un corps qui en a moins, y compris l'*air*, il accourt de toute part sur le corps qui possède l'excès, au point où son passage est le plus déterminé par les circonstances ; là ses particules se pressent, se heurtent mutuellement, son courant devient plus *dense*, et il s'en *décompose* par-là quelques particules. Les *étincelles* qui partent de grands conducteurs, paroissent avoir beaucoup de volume, mais ce n'est qu'une apparence produite par la *lumière* qui s'en échappe et qui éblouit ; car le courant lui-même, quand il traverse une carte pour arriver au corps vers lequel il se porte, n'y laisse qu'un fort petit trou.

826. Voilà donc trois *substances*, auparavant

imperceptibles dans le *fluide électrique*, qui se manifeste quand il se *décompose;* la *lumière*, le *feu*, et une substance qui a l'*odeur phosphorique;* aucune d'elles n'est ni la *matière électrique;* ni son *fluide déférent*, ces deux *ingrédiens* dont le *fluide électrique* est immédiatement composé; mais elles en faisoient partie. Il est bien difficile d'après cette seule donnée, d'assigner chacune de ces substances à celui des ingrédiens immédiats du fluide qui la fournit, parce qu'il est une circonstance qui peut tromper dans les *décompositions*, c'est que quelquefois elles sont accompagnées de nouvelles *compositions;* je me bornerai donc ici à quelques conjectures.

827. La prodigieuse rapidité que le *fluide déférent* imprime à la *matière électrique*, et son mouvement en ligne droite, lui assignent indubitablement la *lumière* qui s'échappe; mais elle n'y est pas seule; car ce *fluide* n'est pas *lumineux*, et il a des propriétés que la *lumière* ne possède pas; il traverse les corps instantanément comme elle, mais c'est tous les corps, au lieu qu'elle ne traverse pas les corps opaques; ainsi, par sa combinaison avec quelque autre substance dans le *fluide déférent*, elle acquiert l'*affinité* qui fait tendre

celui-ci exclusivement (du moins autant qu'on peut en juger jusqu'ici) vers la *matière électrique*, mais elle perd celles qui la retiennent dans les corps opaques. Si cette *substance* combinée avec la *lumière* dans le *fluide déférent* est la *matière du feu* qui se manifeste, elle y est dans une combinaison différente que dans le *feu* lui-même ; car le premier ne produit pas la *chaleur*, il n'a pas ces mouvemens d'*agitation* qui le retiennent dans les pores des corps et tendent à en écarter les molécules, il les traverse instantanément. Seroit-ce en perdant une partie de la *lumière* et par une nouvelle combinaison de la *matière du feu* avec la *lumière* qui reste, que ce *fluide* est converti en *feu* ? Quant à la *substance odorante*, elle paroît appartenir à la *matière électrique*, mais elle n'y est pas seule ; car cette *matière* est *inodore ;* elle se *décompose* donc elle-même quand l'*odeur phosphorique* se manifeste. Seroit-ce la *matière du feu* qui s'en dégage alors, tellement que le *feu* fût produit avec elle par la *lumière* qui se dégage du *fluide déférent ?*

828. Quoi qu'il en soit de ces conjectures, trop indéterminées encore pour m'y arrêter plus long-temps, il demeure certain que les deux *ingrédiens* immédiats du *fluide électrique*

sont eux-mêmes composés et susceptibles de *décomposition* à la manière des *vapeurs ;* et l'on ne doit point désespérer de parvenir à mieux connoître les substances qui les composent, puisque la route est ouverte aux recherches à cet égard, par les *effets chymiques* que produit le *fluide électrique* quand il se *décompose*. Ce *fluide* lui-même, en quelque quantité qu'on le fasse passer sur un conducteur *continu*, ne produit aucun des effets chymiques qu'il produit dans les mêmes circonstances quand un conducteur est *interrompu*. En ce dernier cas, le fluide s'élance d'une extrémité du conducteur à l'autre ; dans son trajet il s'en *décompose* un partie, et ce sont les substances dégagées de leurs combinaisons qui produisent les effets connus dans les *liquides* et les *gaz*. C'est donc par cette route qu'il faut chercher à déterminer de quelles espèces sont les substances qui se dégagent alors du *fluide électrique*. Je ne m'arrêterai pas aux conjectures que peuvent fournir les phénomènes déjà connus, ces détails n'étant pas de mon sujet ; on avancera davantage dans les déterminations, quand on aura un point de vue fixe. Ainsi mon but n'a été que de démontrer l'étonnante *composition* d'un *fluide* aussi *subtil* que celui-là,

que nous n'appercevons *lui-même* en aucune manière, et dont cependant on admet l'existence comme nécessaire, à cause de ses effets; ce qui doit vaincre enfin le préjugé contre les substances *subtiles*, et porter sur elles l'attention des physiciens.

829. Ce qui m'a déterminé à reprendre cet objet, est, comme je l'ai dit, la favorable circonstance des phénomènes *galvaniques*, qui, en réveillant l'attention des physiciens sur le *fluide électrique*, nous fournit de nouvelles lumières à son égard, quoiqu'il semblât d'abord qu'il en résultoit plus d'obscurité; mais c'est seulement parce qu'on n'arrivoit pas à ces phénomènes par la route des déterminations déjà certaines, quant à la nature distinctive du *fluide électrique*. Mes premières expériences sur la *pile*, en 1780, eurent pour objet d'en examiner les effets sous ce point de vue, et je déterminai les phénomènes qui démontrent que le *fluide électrique* seul peut les produire.

830. Il n'est pas étonnant cependant, comme je l'ai déjà dit, que quelques physiciens aient pu douter de l'identité du *fluide*, vu que certainement il éprouve un changement dans la *pile*, et qu'il s'y manifeste par une cause absolument différente de celles qui l'avoient

fait appercevoir auparavant. La *pile* produit ses effets sans *frottement*, ni *isolement* , et elle les produit avec une *quantité* de *fluide électrique* très-petite en comparaison des autres appareils. Ce sont là les trois objets sur lesquels ont porté mes expériences ; sur le premier j'ai fait une *hypothèse*, qui du moins est d'accord avec tous les phénomènes connus ; quant aux deux autres , je les ai directement expliqués.

831. Voilà ce qui forme la dernière partie de l'ouvrage annoncé ci-dessus, et qui est prêt à aller sous presse ; il en résultera de nouvelles données, non-seulement sur l'existence des fluides *subtils* , mais sur les modifications qu'ils subissent eux-mêmes ; changemens qui peuvent aller jusqu'à soustraire à notre connoissance , pour un temps, des *fluides* dont l'existence nous est connue , en les privant des propriétés par lesquelles nous étions parvenus à les découvrir. C'est-là un objet bien important dans la *physique terrestre ;* mais pour s'avancer avec quelque apparence de succès dans ce nouveau champ ouvert aux recherches des physiciens, il faut qu'ils quittent quelquefois leurs laboratoires pour considérer celui qui offre à notre étude les plus grands phénomènes *chymiques*, entre

les fluides expansibles, les seuls qui puissent répandre une vraie lumière sur ceux qui résultent des arrangemens de circonstances que nous produisons artificiellement; je veux dire l'*atmosphère*.

832. C'est à ce point que j'ai eu intention d'arriver, en donnant l'esquisse précédente des objets traités dans mon nouvel ouvrage sur le *Fluide électrique*. C'est-là une branche de physique expérimentale très-importante en elle-même, et pour la répandre d'autant plus, j'ai cherché à la rendre intéressante même pour l'amusement physique. Les petits appareils que j'ai fait construire pour cet effet, seront, tant par eux-mêmes qu'avec les additions que les circonstances suggéreront aux amateurs (amatrices même), une source presque inépuisable de nouvelles combinaisons, qui tiendront toujours présente à l'esprit, telle que je l'ai définie d'après les phénomènes, la nature du *fluide* que nous allons maintenant considérer dans sa source.

CHAPITRE II.

Du FLUIDE ÉLECTRIQUE *considéré dans* l'atmosphère, *en vue de l'*air atmosphérique, *et des opérations chymiques qui ont lieu dans son sein.*

833. Rien n'a été découvert jusqu'ici sur l'origine du *fluide électrique* (du moins à ma connoissance), que ce que nous devons aux observations de M. DE SAUSSURE dont j'ai déjà parlé. Il résulte, comme je l'ai dit, de ses observations, qu'il y a une formation journalière de ce *fluide* dans l'atmosphère durant le séjour du *soleil* sur l'horizon, par laquelle sa quantité y augmente comparativement à celle qui se trouve sur le *sol.* Le nouveau *fluide électrique* passe d'abord lentement au *sol* par les couches inférieures de l'*air*, qui ainsi en conservent moins que les couches plus élevées, ce qui permet d'appercevoir cette formation par l'*électroscope* durant le jour ; mais dès que la *rosée* se forme, l'excès du *fluide* se partage entre l'*air* et le *sol.*

834. Voilà, dis-je, une connoissance que nous devons aux longues observations de M. DE SAUSSURE, et c'est un grand pas dans la connoissance des causes atmosphériques ; car les *rayons du soleil* ne sont pas le *fluide électrique ;* ils le *forment*, et ils doivent trouver ses autres ingrédiens dans l'atmosphère sous la forme de quelque fluide subtil. Mais n'y a-t-il alors d'autre formation analogue à celle-là, que ce qui est annoncé par l'*électroscope ?* Une partie du *fluide électrique* formé, ou quelque *fluide* composé des mêmes substances dans une différente combinaison avec quelque ingrédient de plus ou de moins, ne s'emploie-t-il point aussitôt à quelque opération ? Enfin, n'est-ce point ce *fluide* qui transforme la *vapeur aqueuse* en *air* pendant le même temps ? Telle est la question que j'ai laissée en suspens en terminant la partie précédente, et en y venant maintenant, je l'aborderai par le côté opposé, l'analyse, en considérant les phénomènes des *éclairs* et du *tonnerre*.

835. Nous devons au docteur FRANKLIN d'avoir déterminé que l'*éclair* ou la *foudre* est une grande *étincelle électrique*. Mais quand ce physicien, considérant les *nues* comme de grands *conducteurs* chargés de

fluide électrique, conçut l'idée bien ingénieuse dans cette supposition, de prévenir la décharge de ce *fluide* sur les édifices en les faisant dépasser par un *conducteur* terminé en pointe et communiquant au sol, il n'avoit pas observé ces phénomènes dans les *montagnes*. Sans doute que si le *fluide électrique* qui produit la *foudre* étoit déjà tout formé dans une *nue* abaissée, qui s'avance vers un lieu plus élevé que le reste du sol, le docteur FRANKLIN avoit raison d'en conclure, qu'un *conducteur* en *pointe* plus élevé encore, soutireroit lentement ce *fluide*, et pourroit mettre la *nue* hors d'état de lancer la foudre ; mais si le *fluide* qui la forme n'existoit pas en cet état l'instant avant qu'elle parte, cet appareil ne répond pas à son but. C'est ici une des questions les plus importantes en *météorologie* et dans toute la *physique terrestre*, et je vais la traiter d'après l'observation.

836. Les *nues* ne sont qu'un épais *brouillard ;* or on sait que le *conducteur* d'une machine électrique, enveloppé du *brouillard* qui s'élève d'un vase dans lequel l'eau bout communiquant au sol, ne se *charge* point, parce que la *vapeur aqueuse* et les *vésicules* qui se forment de sa décomposition, sont

conductrices. C'est même le cas de toute *fumée ;* circonstance dont M. le baron DE GERSDORF a tiré parti pour alonger le petit *conducteur* de l'*électroscope* de M. DE SAUSSURE, quand en l'élevant au-dessus de la tête en plein air, il ne suffit pas pour atteindre une couche plus chargée de *fluide électrique* que celle où se trouvent les petites balles. Quelquefois alors, en plaçant un morceau d'amadou allumé à l'extrémité du *conducteur*, sa *fumée* prolongeant le conducteur, on a des signes électriques. Enfin, dans les observations de M. DE SAUSSURE lui-même avec son grand mât, dès que la *rosée* se formoit, il n'y avoit plus de signe électrique. Je me suis arrêté à ces détails pour rendre évidente cette première circonstance, que les *nues* étant *conductrices*, si elles sont dans un certain état électrique différent de celui de l'air ou sol, cet état doit être commun à toute une masse de *nues ;* et c'est ainsi que le docteur FRANKLIN l'envisageoit lorsqu'il pensoit qu'un *conducteur* élevé la déchargeroit lentement.

837. Mais dans cette hypothèse on considéroit les *nues* comme étant des masses distinctes, toujours *isolées* par l'*air ;* or voici qui détruit l'illusion. Les *éclairs* et le *tonnerre*

ont

ont lieu dans les *vallées* des hautes *montagnes*, tandis que les *nues* embrassant celles-ci, sont immédiatement en communication avec le *sol*, et un *sol* fort *humide*, puisque les *nues* mouillent tous les corps qu'elles touchent. Il est donc impossible qu'une couche de *nues* enfermée dans ces enceintes, puisse conserver durant aucun temps sensible dans aucune de ses parties, ni *excès*, ni *défaut de fluide électrique* comparativement au *sol*, ni à aucune partie de la même couche. Cependant, comme je viens de le dire, il part des *éclairs* de ces *nues* comme au-dessus des plaines, et on entend le *tonnerre*, souvent à diverses reprises avec peu d'intervalle. Voilà, dis-je, qui détruit l'illusion de *nues* supposées *positives* ou *négatives* : il ne sauroit y en avoir de telles autour des *montagnes* ni dans leurs *vallées*, et il en résulte nécessairement, que le *fluide électrique* qui s'en décharge par les *éclairs*, s'y forme *soudainement* et en trop grande abondance pour s'y répandre à la manière ordinaire; il fait *explosion*. Quant au fait, j'en appelle à ceux qui ont fréquenté les *montagnes* et s'y sont trouvés en temps d'*éclairs* et de *tonnerres*. C'est en y observant avec attention ces phénomènes, quelquefois enveloppé moi-même

par les *nues orageuses*, d'autres fois en les voyant dans les *vallées* voisines, plus haut ou plus bas que moi, que j'ai été frappé de l'impossibilité d'y supposer à l'avance le *fluide électrique* qui s'en déchargeoit de temps en temps : ses *ingrédiens* y étoient sans doute, mais sous quelque autre combinaison.

838. Les effets étant les mêmes dans les *nues orageuses* au-dessus des plaines, il est évident qu'ils doivent procéder des mêmes causes ; ainsi je ne m'y arrêterai que pour considérer à quoi peuvent servir ces *conducteurs* qu'on croyoit propres à *prévenir* la *foudre*. Ils ne sauroient la prévenir, puisqu'à l'instant où le *fluide électrique* est dégagé dans les *nues*, il s'élance ; tout comme on ne peut prévenir l'explosion du *fluide* qui chasse un boulet de canon, dès qu'on a mis feu à la poudre. Mais si la *foudre*, en se dirigeant sur un édifice, y rencontre le *conducteur*, ou quelqu'un des angles d'un toit couvert de lames métalliques en communication *conductrice* avec lui, il conduira le *fluide électrique* dans le sol, et l'édifice en sera préservé. Sous ce point de vue, la controverse qui s'éleva en Angleterre depuis que j'y demeure, sur les conducteurs *pointus* ou *obtus*, me parut semblable à celle qui avoit

lieu entre les *Liliputiens* et les habitans d'une île voisine, sur le côté par lequel on doit casser les œufs, car la *forme* des *conducteurs* est alors indifférente; mais voici une circonstance où elle ne l'est pas, et où ils doivent être *pointus*. Après chaque explosion de *fluide électrique* d'une couche de *nues*, elle doit en retenir une certaine quantité. Il paroît aussi qu'il y a quelque formation plus lente de *fluide électrique* dans les *nues orageuses*, qui ne fait pas *explosion* et demeure dans la couche. Or si dans une ville il y a beaucoup de maisons ou autres édifices munis de *conducteurs*, ils peuvent soutirer ce *fluide*, et prévenir ainsi que de nouvelles productions soudaines puissent suffire, quoique produisant des *éclairs*, pour atteindre les édifices par ces décharges.

839. Il y a certainement une formation lente de *fluide électrique* dans quelques *nues orageuses*, dont cependant il ne part point d'*éclairs*, et où ainsi on n'entend pas de *tonnerre*; et c'est ce *fluide*, ainsi que celui que nous conservent les *nues* après les *éclairs*, qui produit les grands phénomènes électriques qu'on observe quelquefois par des *conducteurs* fort élevés, et sur-tout par les *cerfs-volans*. Le plus grand appareil de cette

dernière espèce que j'aie eu occasion de voir, est celui de M. le baron de GERSDORF, à sa terre de *Meffersdorf* en Haute-Lusace. Quand le vent est favorable, M. DE GERSDORF fait élever son *cerf-volant* en lâchant une cordelette de 1000 pieds, dans laquelle se trouve un fil métallique, et qui est ensuite fixée à un conducteur isolé auprès de sa fenêtre. Or il lui est arrivé quelquefois, en temps de *nues orageuses*, de tirer de ce conducteur des étincelles de deux pieds, par un autre conducteur communiquant au sol et approché au moyen d'un bras isolant. Ces étincelles plus ou moins grandes, cessent par intervalles, et alors le conducteur du cerf-volant donne pour l'ordinaire des signes *négatifs*, parce que l'*influence* de la nue *positive* a fait perdre au *cerf-volant* de son propre *fluide électrique* par les étincelles; et quand l'*influence* cesse, il lui retourne du fluide aux dépens du *conducteur*.

840. Je reviens aux opérations qui doivent se passer dans ces *nues*. Les faits précédens rendent indubitable, que lorsqu'il en part des *éclairs* ou la *foudre*, c'est une *explosion* de *fluide électrique*, analogue à toute *explosion* qui se fait dans des masses libres, c'est-à-dire, par la formation subite

de quelque *fluide expansible*, produit par la *décomposition* de quelque substance qui en contenoit les ingrédiens dans une autre combinaison. Or les ingrédiens de ce nouveau *fluide électrique* ne peuvent être libérés que par la *décomposition* de l'*air atmosphérique ;* car les *nues* elles-mêmes se forment souvent à notre vue dans un *air* auparavant *transparent* et *sec*, et qui ne donnoit aucun signe d'être *surchargé* de *fluide électrique*.

841. Nous voilà donc ramenés à l'idée du professeur LICHTENBERG, c'est-à-dire, que c'est ou le *fluide électrique* lui-même, ou plus probablement un *fluide* composé des mêmes ingrédiens dans quelque autre combinaison, qui convertit en *air* la *vapeur aqueuse* dans l'atmosphère. C'est ici une conclusion analytique, tirée par exclusion de tout autre phénomène des *éclairs*, et nous y étions déjà arrivés synthétiquement par la coïncidence du temps où la *vapeur aqueuse* disparoît dans l'atmosphère, avec celui où la quantité du *fluide électrique* y augmente. Sans doute que par là nous n'arrivons pas encore à l'opération intime par laquelle se font les *explosions* de ce *fluide* dans quelques *nues*, mais on peut aisément se former

l'idée de son genre. Il est probable que le *fluide* par lequel la *vapeur aqueuse* est transformée en *air*, contient, outre les ingrédiens du *fluide électrique*, quelque autre substance qui lui en ôte l'apparence pour nous. A cet égard, le changement que ce fluide subit dans l'opération *galvanique* est venu nous fournir un fil bien précieux dans les opérations imperceptibles des causes physiques ; il a fait douter quelque temps que ces phénomènes fussent dûs au *fluide électrique ;* quelque changement plus grand peut priver entièrement ce *fluide* des propriétés par lesquelles nous l'appercevons.

842. Tel est, dis-je, probablement le *fluide* qui transforme en *air* la *vapeur aqueuse ;* et si la substance expansible qui vient de temps en temps le lui enlever ne le *décompose* point, il en résulte quelque nouveau *fluide* que nous n'avons pas encore le moyen de reconnoître, et la *vapeur* libérée forme les *nuages* et la *pluie ;* ce sont les *pluies ordinaires.* Mais suivant la nature de la substance expansible qui vient décomposer l'*air*, celle qui le formoit avec la *vapeur aqueuse* peut subir des modifications bien différentes, et nous pouvons juger de ces différences par la variété des phénomènes des *nues orageuses.*

Ces *paroxysmes* atmosphériques peuvent se borner à de simples *averses* accompagnées d'*orage*, d'où résulte la *pluie* en été, la *neige* en hiver, et quelquefois le *grésil* jusqu'au printemps. En été, quoiqu'il y ait plus de *feu libre* dans l'atmosphère, il s'en fait dans ces *nues* une telle absorption subite, que la *grêle* se forme, c'est-à-dire, un *grésil* si froid, qu'il est encrouté de glace en traversant le reste de la *nue*. Voilà de bien grandes opérations dans ce qui n'étoit peu auparavant, à notre connoissance, que de l'*air* et fort peu de *vapeur aqueuse*. Enfin, la substance expansible qui vient *décomposer l'air* est-elle de nature à libérer la *matière électrique* pure, c'est-à-dire, cette substance composée que nous reconnoissons par des effets distinctifs, le *fluide électrique* se forme soudainement, l'*éclair* part de la *nue*, et un nouveau phénomène se manifeste toujours à sa suite, le *tonnerre*, qui doit maintenant fixer notre attention.

843. Tant qu'on a imaginé que le *roulement* du *tonnerre* n'étoit que la répétition, par les *surfaces* des *nues*, d'un *éclat* unique produit au moment de l'*éclair*, ce grand phénomène n'a pas étonné. Mais on n'a pu concevoir cette idée que parce qu'on ne

connoissoit pas les *nues ;* on étoit trompé par l'apparence de ces *nues* brillantes et bien terminées qu'on voit quelquefois suspendues dans l'air comme des ballons, et l'on ignoroit, faute d'une observation attentive de ces *nues* elles-mêmes, qu'elles ne sont qu'un *brouillard* tel que celui qui se détacheroit d'une chaudière ; sa cause est une *décomposition* locale de l'*air*, d'où résulte la *vapeur aqueuse*, trop dense pour pouvoir se maintenir ; elle se décompose donc dans les *vésicules* qui forment ce *brouillard* : tant qu'il s'étend, ses bords sont bien terminés, et tranchant avec l'air transparent ; mais il *s'évapore* tout le tour, et il se dissipe par-là dès que la cause qui le produisoit vient à cesser : c'est ce qu'on reconnoît en observant attentivement ces *nues*, comme je l'ai fait très-souvent. Les *brouillards* ordinaires qui se forment sur les plaines, vus des montagnes, brillent ainsi quand le soleil est dans une certaine position, et il ne faut qu'être entré dans cette couche en descendant des montagnes, pour perdre l'idée que de telles *surfaces* puissent réfléchir les *sons*. De plus, les *nues orageuses* ne forment point des nuances distinctes et séparées par l'air ; elles sont continues, et les nuances qui semblent la

distinguer en différentes *nues* quand elles sont au-dessus de nous, ne sont produites que par des différences dans la rapidité de la *décomposition* de l'*air* en différentes parties, qui y produisent plus ou moins d'opacité, par le plus ou moins de densité du *brouillard*, ou d'étendue en hauteur. Cette idée d'*échos* multipliés dans les *nues*, est donc semblable à celle des poètes et des peintres qui en font les *chars* de leurs divinités.

844. D'ailleurs quand on fixe l'attention sur le bruit du *tonnerre*, on y apperçoit distinctement une suite de *détonnations* semblables au *roulement* des baguettes sur un tambour, ou au bruit produit par les sauts du doigt sur un tambour de basque, avec des *ronflemens* et des *coups* distincts; je n'ai jamais mieux entendu imiter le *tonnerre*, qu'avec un très-grand *tambour de basque*, et par quelqu'un qui le touchoit habilement. Il paroît donc qu'il se fait dans ces *nues* une suite d'*expansions* et *contractions* subites de l'*air*, comme il s'en fait le long d'une traînée de poudre qu'on allume; ce qui semble indiquer qu'à la suite de cette *décomposition* de l'*air* qui produit le *fluide électrique*, il se forme un autre *fluide* qui décompose l'*air* à son tour d'une manière analogue, quant

au genre (car il n'y a pas libération de *lumière*), à celle que produit l'*air inflammable* allumé.

845. Cette idée m'est venue d'après le *son* que produit une lampe d'*air inflammable*, brûlant dans un tube de verre. Ce *son* ne provient pas des vibrations du *verre ;* car si l'on frappe en même temps le *tube*, le *son* qu'il rend est pour l'ordinaire d'un tout autre *ton*. Le premier effet produit à chaque instant par la *décomposition* de l'*air inflammable* avec partie de l'*air atmosphérique*, est une *vapeur aqueuse* très-chaude, qui se *décompose* soudainement par la dissipation du *feu ;* il se fait donc rapidement de petits *vides d'air*, et des rapprochemens subits de ses parois ; parce que l'opération se passe dans un tube dont les parois, résistant à l'expansion de l'*air*, produisent, dans ces alternatives rapides, comme des *bandemens* et *débandemens* de ressorts. Il me semble donc que ce phénomène peut fournir quelque idée de ce qui produit le *bruit* du *tonnerre*, en supposant, par une analogie sans doute encore bien éloignée, qu'au moment où l'*air* est *décomposé* de manière à produire l'abondance de *fluide électrique* d'où résulte l'*éclair*, quelque ingrédient qui *sur-composoit* ce

fluide, s'unit à celui qui produit la *décomposition* de l'*air*, d'où résulte un nouveau *fluide*, qui se répandant aux environs, *décompose l'air* de quelque manière approchante de celle qui a lieu par les lampes d'*air inflammable*, quoique sans libération de *lumière*. Quand le *tonnerre* commence à se faire entendre dans les *nues*, on les voit s'épaissir, preuve d'augmentation dans la quantité de la vapeur aqueuse décomposée ; et ensuite il est d'ordinaire qu'à chaque coup de *tonnerre*, il y ait redoublement de *pluie*, ce qui doit en être un effet.

846. Ces opérations atmosphériques sont encore sans doute très-obscures, mais on les aborde déjà avec un flambeau qui, en éclairant leurs confins, peut conduire par degrés dans leur labyrinthe. Il ne peut plus en être de ces premiers pas, comme des hypothèses dans lesquelles pendant un temps on considéroit le *fluide électrique* comme un agent universel, jusqu'à lui attribuer la *gravité* et les mouvemens des planètes; hypothèses qui ont été suivies de l'autre extrême, l'oubli de ce *fluide* dans les opérations de la nature. C'est le sort des hypothèses imaginées d'après des phénomènes très-*composés*, en les considérant

comme *simples*, et qui ne sont ainsi que l'ouvrage de l'imagination. Mais ici nous avons été ramenés au *fluide électrique* par des pas assurés de synthèse et d'analyse, dans une classe de phénomènes, très-vaste sans doute, mais distincte et où son influence est certaine; et il suffit de continuer l'étude de ce qui se passe à cet égard dans l'atmosphère, pour qu'on puisse espérer d'y faire de nouveaux pas certains.

847. Il en fut de même autrefois à l'égard du *fluide magnétique*; car c'est un penchant des hommes de donner dans les extrêmes. GUILBERT, ancien physicien anglois, entreprit d'expliquer par ce fluide tous les grands phénomènes de la nature, la chûte des corps sur la terre et les mouvemens des cieux. BACON prit les rêveries de ce physicien pour exemple de l'obstacle qu'apportoient à l'avancement réel des sciences, ces anticipations de jugement, par lesquelles on passe immédiatement d'observations particulières à des causes générales. C'est dans l'introduction à son *Historia gravis et levis*, où montrant les grands vides des connoissances d'alors sur le phénomène de la *pesanteur*, il recommandoit aux physiciens de travailler à les remplir

par l'observation et l'expérience, avant que de s'occuper de sa *cause*. « Ce n'est pas sans » fondement, sans doute (dit-il) que GUILBERT » a introduit la *force magnétique ;* mais il » s'est rendu ensuite comme une sorte d'*ai-* » *mant*, tirant à son *systéme* des choses qui » ne lui appartiennent point, et fabriquant » ainsi un *navire* avec une *cheville d'aviron* ». (*Précis*, etc. t. I, p. 251.) Voilà un des extrêmes qui a encore été suivi de l'extrême opposé ; car ce *fluide terrestre* n'entre plus pour rien dans les considérations sur les phénomènes de notre globe, quoique très-probablement ses *compositions* et *décompositions* y aient quelque influence, et peut-être une grande influence.

848. C'est donc-là aussi un objet digne de l'attention des physiciens : quelques pas ont déjà été faits dans cette carrière, mais il faut de la persévérance. M. VAN SCOINDEN a commencé à cet égard comme le recommandoit BACON ; il a même déjà porté fort loin l'*histoire narrative* des phénomènes *magnétiques*, par une longue étude des mouvemens de l'*aiguille aimantée* et de leurs rapports avec diverses circonstances atmosphériques. M. DE SAUSSURE a fait aussi un

pas essentiel dans ce que BACON nommoit l'*histoire inductive*, par l'invention de son *magnétomètre*, qui lui a montré des changemens dans l'*intensité* de l'action *magnétique ;* ce qui paroît indiquer des changemens dans la quantité du *fluide magnétique.* Et M. PRÉVÔT, de Genève, a donné une conjecture sur la formation de ce *fluide* dans l'atmosphère, par les derniers *rayons du soleil* dans le crépuscule. Ce sont-là des commencemens qui méritent certainement d'être suivis ; mais ils demandent qu'on s'y voue avec persévérance, et qu'on ne fasse des hypothèses, que pour aider à l'invention de nouvelles expériences, ou pour diriger les observations.

849. BACON, cet oracle de la philosophie naturelle auquel j'aime à avoir recours, a dit dans l'Aphor. 103 de son incomparable ouvrage le *Novum Organum* : « En général les » hommes ne pourront tirer parti de leurs » forces, que quand ils ne se livreront pas » tous à-la-fois à un même genre de re» cherches, mais que les uns en embrasse» ront une certaine sorte, et les autres d'une » espèce différente, suivant leurs goûts ou » leurs talens ». (*Précis*, etc. t. I, p. 73).

La *mode*, ce tyran de la société, règne aussi dans les sciences, et il y domine par la même cause, c'est qu'on veut *plaire*. Or tant que ce but ne sera pas le dernier des naturalistes, ils resteront dans les ornières tracées par des hommes à la mode, et la science fera peu de progrès. Le genre des talens ou les occasions déterminent les routes par lesquelles on entre dans l'étude de la nature, et il n'en est aucune qui n'offre encore une carrière de travail intéressant et utile, pourvu que celui qui s'y voue et qui a fait quelques progrès, ne perde jamais de vue les pas qui se font dans d'autres routes; car toutes doivent s'avancer dans un même point, les *causes reculées* : or ces *causes* étant de divers genres, les unes se manifestent plutôt par certaines routes, les autres par des routes différentes, quoiqu'elles influent plus ou moins par-tout; et c'est ainsi que par la réunion des découvertes dans les différentes routes de recherches, elles servent à se redresser mutuellement, en se fournissant de nouveaux points de vue fixes. Si donc on vient à étudier profondement les phénomènes *magnétiques*, je ne doute pas qu'en suivant toutes les routes qui s'ouvriront sur le

chemin, on ne découvre leur liaison avec d'autres phénomènes terrestres. « Rien n'a tant nui » à la philosophie » (disoit encore Bacon dans l'ouvrage cité ci-dessus) « que la né- » gligence des hommes à l'égard des choses » *familières* et *fréquentes* ; car ils n'y ar- » rêtent point leurs regards ni leur attention, » mais ils les admettent *en passant*, et sans » en chercher les *causes* ». Ceci me conduit à la conclusion de cet ouvrage, où je présenterai son but sous un point de vue général.

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ *des objets traités jusqu'ici*, et CONCLUSION GÉNÉRALE.

850. Si l'on étudie avec attention l'histoire de la physique, ou philosophie naturelle, on trouvera que les anciens *systêmes*, successivement tombés pour faire place enfin à une physique réelle dont les progrès continuent, ont dû leur naissance à une même cause, qui souvent encore produit le même effet, l'*impatience* de l'esprit humain.

851. C'est-là un des objets dominans dans les *aphorismes* dont BACON a composé son *Novum Organum*, et voici ce qu'il dit entre autres dans l'*aphor.* 104 du livre I. « On ne » doit pas permettre à l'entendement de pas- » ser d'un *saut*, ou comme d'un *vol*, des » objets *particuliers* aux principes *reculés* » les plus généraux, qu'on nomme *principes* » *des choses ;* de sorte que les regardant » comme immuables, il les emploie à éta- » blir et prouver des *principes intermédiaires*, » ce qui a lieu par la disposition de l'esprit » humain à des *élans :* disposition qu'ont fa- » vorisée depuis long-temps la doctrine et l'ha- » bitude des démonstrations par *syllogisme.*

» Mais on pourra concevoir quelque espoir
» de l'avancement des *sciences*, lorsque, par
» une vraie *échelle*, formée d'*échelons* con-
» tinus et solides, on s'élèvera des *objets*
» *particuliers* à des *principes inférieurs*, de
» ceux-ci à des *principes intermédiaires*,
» ensuite à des *principes* plus *élevés*, et en-
» fin à des *principes généraux*. Car les *prin-*
» *cipes inférieurs* diffèrent peu de l'*expé-*
» *rience*, tandis que les principes d'abord
» *très-généraux*, ne sont que des notions
» *abstraites* sans aucun *fondement*. Mais les
» *principes intermédiaires* sont les principes
» comme *animés*, sur lesquels reposent l'es-
» sence des choses et l'espérance des hommes;
» et sur eux reposent les *principes généraux*,
» pourvu qu'ils ne soient pas *abstraits*, mais
» toujours déterminés par les principes *an-*
» *térieurs*. Il ne faut donc pas attacher des
» *plumes* à l'entendement humain, mais plu-
» tôt du *plomb*, des *poids*, pour réprimer
» ses *sauts* ou son *vol* : on ne l'a pas fait
» encore; quand on le fera on aura lieu de
» mieux espérer de l'avancement des *scien-*
» *ces* ». (*Précis*, etc. t. I, p. 92.)

852. C'étoit-là porter les regards bien avant dans la nature, pour un temps où elle donnoit

encore si peu de prise à l'examen ; mais ce génie pénétrant appercevoit celles qu'on pourroit obtenir en l'abordant par des points fixes, et il traçoit la marche qu'on devoit suivre alors, comme s'il eût déjà vu ce qu'on obtiendroit. « Quelque nombreuses et importantes » (dit GASSENDI) que puissent être les dé- » couvertes réservées à la postérité, il sera » toujours vrai de dire, que BACON en a » jeté les fondemens d'avance, et que nos » neveux devront lui en faire hommage : » ainsi la gloire de ce grand homme, loin » de périr par le laps des temps, est desti- » née à recevoir des accroissemens dans toute » la suite des âges du monde ».

M. GARRAT, dans les *Leçons de l'Ecole Normale*, est plus précis encore dans son jugement de ce que les sciences naturelles doivent à BACON. « Il ne ressemble point, » dit-il, à ces statues qui, sur les bords des » chemins, indiquent du doigt aux voyageurs » celui qu'ils doivent suivre, mais qui restent » muettes et immobiles ; en ouvrant une route, » il y entre, il fait les premiers pas et les plus » difficiles, il parle au voyageur qu'il guide, » et en se séparant d'eux, il leur enseigne » encore comment ils devront marcher quand » il ne sera plus à côté d'eux ou à leur tête ».

853. Si l'on considère ce dont nous avertissoit ailleurs ce grand guide, et que l'expérience montre de plus en plus; que la plûpart des *agens physiques* sont imperceptibles à nos sens, et que nous ne pouvons les découvrir qu'en observant les effets qui ne peuvent être légitimement attribués aux agens sensibles qui interviennent, on sentira la nécessité de la marche graduelle qu'il traçoit dans le passage ci-dessus. Il n'y a de sûres, à cet égard, que les déductions *immédiates;* ce sont là ces *principes inférieurs* dont il disoit « qu'ils diffèrent peu de l'*expérience* », c'est-à-dire du *phénomène* observé, et c'est le premier pas vers les *causes*. Si là se trouve quelque nouveau point dont on puisse obtenir une déduction *immédiate*, celle-ci devient *intermédiaire* dans la marche vers quelque autre point, reposant néanmoins encore sur le premier *phénomène* par l'entremise du second. Or c'est ainsi seulement qu'on peut avancer, et qu'on avance en effet avec sûreté vers les *causes reculées*. Mais on peut aisément se tromper dans cette marche et s'égarer, si l'on n'est pas rigoureux dans les *déductions;* car il est des *conclusions* qui, au premier coup-d'œil, paroissent légitimes, mais qui, attentivement examinées, se trou-

vent disjointes et s'évanouissent, comme n'étant point *immédiates*, et se trouvant ainsi destituées de fondement.

854. Ce cas est arrivé d'une manière bien frappante dans notre génération, et ses suites ont été très-fâcheuses : au lieu de suivre la marche lente mais sûre qu'avoit prise la physique, on est passé d'*un vol* à des *conclusions* qui feront époque dans l'histoire de cette science, comme marquant des pas rétrogrades. Au premier coup-d'œil ces *conclusions* semblèrent découler *immédiatement* de quelques nouveaux *phénomènes*, et elles eurent même l'assentiment de bien des physiciens ; mais par degrés le manque de lien fut apperçu, ce qui les fit abandonner par une partie de ceux même à qui elles étoient dûes ; mais le plaisir de penser qu'on avoit fait tout-à coup un grand pas, les a fait retenir par d'autres comme fondement d'un système tout nouveau en physique. On voit bien que je parle de la *nouvelle théorie chymique*, dont les fâcheuses conséquences l'emporteront sur celles de la plupart des anciens systêmes erronnés ; parce qu'avec une confiance sans exemple en de nouvelles *hypothèses*, on a changé les *noms* des substances et une partie du *langage* de la physique, au

temps où, par des progrès antérieurs, la chymie expérimentale étoit parvenue à fournir une grande abondance de nouveaux faits. Or, la plupart de ceux à qui est due cette intéressante récolte de matériaux, adoptant ces *néologismes* hypothétiques, en ont imprégné leurs expositions des *faits;* de sorte que l'erreur y marche par-tout à côté de la vérité, puisque j'ai démontré que ces *hypothèses* sont erronées.

855. En combattant cette *théorie* dès son commencement, j'ai toujours rendu justice au mérite réèl de ses auteurs; il est certain que la chymie leur doit beaucoup, pour son avancement général, et pour plusieurs découvertes utiles. Mais on se tromperoit si l'on pensoit que ses progrès soient dûs à la *théorie* que j'ai combattue; car pourvu que les chymistes, munis des secours qui existoient déjà, et en suivant les indications obtenues, eussent continué l'*analyse* des corps et les tentatives de *combinaisons*, le champ ouvert étoit si vaste, qu'ils pouvoient s'y avancer bien long-temps sans en trouver la fin; et il importoit peu à ces progrès quels *noms* porteroient les *substances* qu'on étoit parvenu à connoître elles-mêmes, ou directement, ou par leurs effets sur d'autres subs-

tances. Mais ces noms *hypothétiques*, qui supposoient connues des choses qu'on ne connoissoit pas réellement, sont venu arrêter le concours des physiciens dans des études et des recherches qui concernoient les principales branches de la physique terrestre.

856. Lorsque je me suis déterminé à présenter aux physiciens, en un seul tableau, les résultats de mes longues recherches dans ce champ, j'ai trouvé aussi cette *théorie* sur mon chemin, car elle a beaucoup contribué à en détourner leur attention; ce qui a empêché le concours que j'avois cherché à produire en publiant successivement les choses déjà déterminées, afin qu'on vît la grande carrière qui s'ouvroit pour de nouvelles recherches. J'ai donc été obligé de faire précéder un nouvel examen suivi de l'ensemble de cette théorie, en commençant par montrer que ce qu'on y donnoit comme *déduction immédiate* des *phénomènes*, en étoit séparé par nombre d'*hypothèses* tacites. J'ai examiné ensuite ces *hypothèses* en elles-mêmes, et j'ai montré que les unes étoient absolument gratuites, et les autres contraires à des principes physiques déjà invariablement posés. Enfin j'ai fait voir qu'une autre *théorie*, conforme à ces *principes*, expliquoit très-

différemment les mêmes *phénomènes* posés pour base dans celle-là d'après ces *hypothèses*.

857. Quand les mêmes *phénomènes* peuvent être expliqués par deux *théories*, c'est une preuve qu'ils ne sont pas assez approfondis; et s'ils ne fournissent pas en eux-mêmes des moyens d'aller plus avant dans leur analyse, il faut recourir à d'autres *phénomènes* qui doivent s'y lier par des *causes* communes. Ici il s'agissoit de la *nature* de l'*eau* et de l'*air atmosphérique*, deux substances qui se lient à tout dans la *physique terrestre*, et dont les *combinaisons* ne sont pas réservées au laboratoire des chymistes. L'*atmosphère* se présentoit alors comme un grand laboratoire où ces deux substances ont aussi leur domaine; il falloit donc les y étudier, et comparer les deux *théories* aux *phénomènes* observés dans ce champ. Les auteurs de la *nouvelle théorie chymique* ont bien senti que pour qu'elle pût se soutenir, il falloit au moins l'amener à expliquer la *pluie*; j'ai examiné leurs tentatives à cet égard, et j'ai fait voir qu'on n'a pu se contenter des explications qu'ils en ont données, que parce qu'on avoit perdu de vue tout ce qui étoit déjà déterminé en *météorologie*.

858. Après avoir rempli cette tâche, pénible

pour moi, par ma considération pour les vrais talens des auteurs de cette *théorie*, et désagréable dans un temps de préjugés, mais que je regarde comme nécessaire à l'avancement des connoissances physiques, je suis venu à l'exposition de mes propres recherches, et je l'ai faite dans le même ordre que j'ai suivi en y avançant. J'ai commencé bien bas dans l'étude des phénomènes terrestres, car je suis parti du plus *fréquent* et plus *familier*, je veux dire l'*évaporation*; mais bientôt je le vis se lier à d'autres, dont les uns en dépendoient, tandis que d'autres me firent comprendre que ce n'étoit pas commencer encore assez bas dans l'échelle des phénomènes physiques, pour en saisir les fils *simples*, et discerner leurs premiers entrelacemens. Dans mon exposition de la route que j'ai suivie, j'ai toujours marché à la lumière des *faits*, et par des *déductions immédiates*, aussi loin qu'elles ont pu me conduire. Par-là j'ai embrassé un grand champ; car, par quelque branche de phénomènes qu'on commence les recherches, dès qu'on les suit vraiment pas à pas continus, elles se lient de toute part à d'autres branches qu'on ne peut se dispenser d'étudier jusqu'à un certain point, si l'on veut éviter de s'égarer. Lorsque je me suis

trouvé arrêté quelque part dans cette carrière, ce n'est pas par des obstacles absolus, mais seulement faute de provisions pour une plus longue route, quoique j'en amassasse depuis long-temps. Je n'ai pas dissimulé ces barrières, et n'ai point cherché à les franchir au hasard; je les ai indiquées comme des points qu'il falloit aborder avec de nouvelles provisions, ou des forces et du temps pour en acquérir; et si je me suis permis des *hypothèses*, j'ai indiqué ce qui y conduisoit, pour donner lieu à des recherches plus déterminées lorsqu'on aura senti le besoin de s'y livrer.

859. Dès le temps où je me vouai à ces recherches, j'avois un but plus étendu, que j'annonçai dans l'introduction à mon premier ouvrage de physique (*Recherches sur les modifications de l'Atmosphère*) et dont j'ai donné une esquisse à la suite de mon *Précis de la Philosophie de Bacon*; c'étoit celui d'étudier la *terre* elle-même, dont on commençoit à débiter des *histoires physiques*. Il n'est pas besoin d'être fort avancé dans cette étude pour découvrir que notre globe a subi divers changemens; mais quelles en sont et la *nature* et les *causes ?* Ces questions nous intéressèrent beaucoup, mon frère et moi, dès

que nous commençâmes à fréquenter les montagnes, et nous ne tardâmes pas à découvrir que tout ce qu'on en avoit publié jusqu'alors n'étoit que des chimères, produites aussi par l'*impatience* de l'esprit humain. Il y avoit bien des pas à faire avant que de rien prononcer sur un objet aussi vaste ; mais on peut les réduire sous cinq chefs. 1. Une étude suivie des divers *monumens* qui restent sur la terre, tant de *révolutions* soudaines que de *changemens* graduels. 2. L'étude des *causes physiques* de ses phénomènes actuels, et celle des *agens mécaniques* qui y produisent des *changemens* observables. 3. La comparaison de ces deux classes de *causes* aux *monumens* des effets *passés*, pour chercher à leur assigner les effets qui doivent leur appartenir respectivement. 4. La recherche par les *causes physiques* et les *monumens* d'effets qui doivent leur appartenir, d'une *époque* où tous ces *effets* ont dû *commencer*. 5. Enfin, la recherche aussi d'une *époque* à laquelle les *monumens* des différentes actions des *agens mécaniques* assignent le *commencement* de ces actions, et celle de l'état du globe à cette *époque*, pour tracer dès lors la marche des effets de cette classe.

860. Tel fut le plan que nous embrassâmes

par degrés mon frère et moi, et que nous avons toujours suivi, quoique les circonstances nous aient séparés de lieux. Celles où je me suis trouvé m'ont conduit à nombre de voyages dans lesquels j'ai continué ces observations. J'ai publié successivement divers ouvrages et mémoires géologiques, auxquels mon frère a ajouté de temps en temps, en différens journaux, des remarques ou observations particulières. J'ai eu aussi le secours des observations d'un de mes neveux, en Savoie, en Angleterre et en Irlande, et d'un de mes fils, au Cap-de-bonne-Espérance et dans le Bengale. J'ai profité des observations de MM. PALLAS et PATRIN dans la partie septentrionale de l'Asie, de celles d'autres voyageurs dans la Chine et dans la partie septentrionale de l'Amérique. Sur-tout j'ai reçu de grands secours des observations et expériences de MM. DE SAUSSURE et DE DOLOMIEU, deux naturalistes dont les noms devront passer à la postérité la plus reculée ; et j'ai retrouvé les mêmes faits dans la description donnée par M. HUMBOLDT, de l'Amérique méridionale.

861. De tout cet ensemble est résulté enfin une *géologie* stable, dont l'arbitraire est écarté ; elle laisse sans doute des *pierres*

d'attente pour de futures observations, mais les places en sont déterminées, et ses bases sont immuables, comme étant formées de matériaux, tant d'histoire naturelle que de physique, de toutes les classes qui devoient y concourir. J'en ai beaucoup de nouveaux à produire, dont l'ensemble a servi aux déterminations établies dans mes *Lettres géologiques* adressées au professeur BLUMENBACH, publiées à Paris en 1798. Ces nouveaux matériaux se trouveront dans les relations de *voyages* que j'ai faits depuis la date de mon premier ouvrage de géologie (*Lettres sur l'histoire de la Terre et de l'Homme*) publié il y a vingt-trois ans ; je suis occupé à mettre ces relations en état d'être publiées. J'espère qu'alors on ne pourra plus débiter tant de fables sur ce qu'il importe si fort à l'homme de bien connoître, l'*origine* et l'*histoire* de sa *demeure* et de *lui-même*.

FIN.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS LE TOME PREMIER.

Fin de la Table du tome premier.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS LE TOME SECOND.

Fin de la Table du tome second.

DE L'IMPRIMERIE DE STOUPE. AN XI.